https://www.engcopilot.com/

Reef4 version 4.4.3.1 - Edition 174 - Décembre 2013
Document : NF DTU 43.3 P1-1 (avril 2008) : Travaux de bâtiment - Mise en oeuvre des toitures en tôles d'acier nervurées avec revêtement d'étanchéité - Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types (CCT) (Indice de classement : P84-206-1-1)

norme française

NF DTU 43.3 P1-1
Avril 2008
P 84-206-1-1

Travaux de bâtiment

Mise en oeuvre des toitures en tôles d'acier nervurées avec revêtement d'étanchéité

Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types (CCT)

Building works — Grooved sheet metal roofing with waterproofing coating — Part 1-1 : Contract bill of technical model clauses

Bauarbeiten — Implementierung der Rippenstahlblech-Dachdeckungen mit Abdichtung — Teil 1-1 : Technische Bauvorschriften

Statut

Norme française homologuée par décision du Directeur Général d'AFNOR le 12 mars 2008 pour prendre effet le 12 avril 2008.

Avec la norme homologuée NF DTU 43.3 P1-2, d'avril 2008, remplace la norme homologuée NF P 84-206-1, de juin 1995 (référence DTU 43.3).

Correspondance

À la date de publication du présent document, il n'existe pas de travaux européens ou internationaux traitant du même sujet.

Analyse

Le présent document propose des clauses types de spécifications de mise en oeuvre pour les marchés de travaux de toitures en tôles d'acier nervurées avec revêtements d'étanchéité.

Descripteurs

Thésaurus International Technique : bâtiment, toiture, tôle métallique, acier, tôle nervurée, revêtement, étanchéité à l'eau, définition, classification, spécification, mise en oeuvre, conditions d'exécution, ossature, pente, fixation, isolation thermique, pose, dimension, entretien.

Modifications

Par rapport au document remplacé, prise en compte de normes européennes.

Sommaire

Membres de la commission de normalisation
Avant-propos commun à tous les DTU
Avant-propos particulier
1 Domaine d'application
2 Références normatives
3 Termes et définitions
3.1 Terminologie
3.2 Définitions des toitures selon l'accessibilité
3.3 Définitions des toitures selon la pente
4 Matériaux
5 Dispositions générales
5.1 Conditions nécessaires à l'exécution des travaux
5.2 Implantation des ouvrages particuliers
5.2.1 Emergences
5.2.2 Dispositifs d'évacuation des eaux pluviales
5.2.2.1 Surface maximale collectée
5.2.2.2 Implantation et nombre d'entrées d'eaux pluviales

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

5.2.2.3 Franchissement d'un joint de dilatation
5.2.3 Chéneaux
6 Prescriptions concernant l'exécution des travaux en parties courantes
6.1 Stockage — Approvisionnement et circulation en toiture
6.1.1 Stockage au sol
6.1.2 Approvisionnement en toiture
6.1.3 Circulation en toiture
6.2 Tôles d'acier nervurées
6.2.1 Conditions d'emploi
6.2.2 Choix des tôles d'acier nervurées et de leur épaisseur en fonction des charges et des portées
6.2.2.1 Cas des charges descendantes
6.2.2.1.1 Charges à prendre en compte
6.2.2.1.1.1 Situation de montage
6.2.2.1.1.2 Situation d'exploitation
6.2.2.1.1.3 Cas particuliers
6.2.2.1.2 Conditions de flèche
6.2.2.1.2.1 Cas général
6.2.2.1.2.2 Cas particulier des grandes portées
6.2.2.1.3 Choix des tôles d'acier nervurées
6.2.2.2 Cas des charges ascendantes
6.2.2.2.1 Cas courant
6.2.2.2.2 Cas particuliers
6.2.3 Mise en place des tôles d'acier nervurées
6.2.4 Fixation à l'ossature
6.2.4.1 Densité des fixations
6.2.4.1.1 Cas général des fixations de résistance caractéristique ≥ 600 daN
6.2.4.1.2 Cas particuliers des fixations de résistance caractéristique comprise entre 300 daN et 600 daN
6.2.4.2 Nature des fixations
6.2.4.2.1 Sur charpente en béton armé ou précontraint (avec insert acier) (voir paragraphe C.2.2.2.1)
6.2.4.2.2 Sur charpente en acier (voir paragraphe C.2.2.2.2)
6.2.4.2.3 Sur charpente en bois (voir paragraphe C.2.2.2.3)
6.2.5 Fixations de couture
6.3 Pare-vapeur
6.4 Isolation thermique
6.4.1 Epaisseur des panneaux isolants
6.4.2 Mise en oeuvre des panneaux isolants
6.4.3 Systèmes de fixation
6.4.3.1 Panneaux sous revêtements avec protection lourde (pente ≤ 5 %)
6.4.3.1.1 Isolation en un seul lit
6.4.3.1.2 Isolation en plusieurs lits
6.4.3.2 Panneaux sous revêtements d'étanchéité autoprotégés
6.4.3.2.1 Isolation en un seul lit
6.4.3.2.2 Isolation en plusieurs lits
6.4.4 Mise en oeuvre des fixations mécaniques
6.4.5 Cas particulier de la mise en oeuvre des panneaux isolants sur toitures de pente ≥ 100 % et de versant de longueur ≥ 5 m
6.4.6 Cas particulier de mise en oeuvre des panneaux isolants sur toitures courbes
6.4.7 Isolation thermique des reliefs
6.5 Ouvrages d'étanchéité (parties courantes, noues, relevés, chéneaux) et de protection
6.5.1 Généralités sur les revêtements d'étanchéité
6.5.2 Système de pose de revêtement en parties courantes
6.5.2.1 Système indépendant
6.5.2.2 Système adhérent
6.5.3 Dispositions générales concernant la pose
6.5.3.1 Dispositions préalables à la pose
6.5.3.2 Préparation sur chantier des produits appliqués à l'état de fusion (EAC)
6.5.3.3 Pose des revêtements d'étanchéité en partie courante
6.5.3.3.1 Couche d'indépendance
6.5.3.3.2 Revêtement asphalte
6.5.3.3.3 Revêtements bicouches à base de bitume modifié par élastomère SBS
6.5.3.3.3.1 Généralités
6.5.3.3.3.2 Systèmes avec EAC (repérés dans les tableaux ci-après C1, C2...)
6.5.3.3.3.3 Systèmes sans EAC (repérés dans les tableaux ci-après S1, S2...)
6.5.4 Composition des revêtements en parties courantes sur toitures-terrasses plates (pente de 3 % à 5 %, limites incluses)
6.5.4.1 Asphalte
6.5.4.1.1 Limitation d'emploi
6.5.4.1.2 Couche d'indépendance
6.5.4.1.3 Composition proprement dite du revêtement
6.5.4.2 Revêtements bicouches à base de bitume modifié par élastomère SBS
6.5.4.2.1 En système indépendant
6.5.4.2.1.1 Couche d'indépendance
6.5.4.2.1.2 Composition proprement dite du revêtement
6.5.4.2.2 En système adhérent
6.5.4.2.2.1 Revêtement sous protection rapportée meuble ou dure
6.5.4.2.2.2 Revêtement autoprotégé
6.5.5 Composition des revêtements sur toitures inclinées (pente > 5 %)
6.5.5.1 Revêtements bicouches à base de bitume modifié par élastomère SBS
6.5.5.2 Dispositions particulières aux aires ou chemins de circulation dans le cas de revêtements autoprotégés
6.5.5.3 Dispositions particulières pour les toitures de forte pente
6.5.6 Etanchéité des ouvrages particuliers
6.5.6.1 Relevés d'étanchéité
6.5.6.1.1 Dispositions générales
6.5.6.1.2 Composition des relevés
6.5.6.2 Revêtement d'étanchéité des chéneaux (voir paragraphe 5.2.3)
6.5.7 Protection des revêtements d'étanchéité
6.5.7.1 Toitures terrasses plates (pente 3 % à 5 %)
6.5.7.1.1 Revêtement asphalte (voir paragraphe 6.5.4.1) (pente 3 %)
6.5.7.1.1.1 Toitures inaccessibles : protection rapportée meuble
6.5.7.1.1.2 Toitures à aires ou chemins de circulation et zones techniques : protection rapportée dure
6.5.7.1.2 Revêtements à base de bitume modifié par élastomère SBS (voir paragraphe 6.5.4.2) (pente 3 % à 5 %)
6.5.7.1.2.1 Toitures inaccessibles : protection rapportée meuble ou autoprotection
6.5.7.1.2.2 Aires ou chemins de circulation et zones techniques : protection rapportée dure ou autoprotection
6.5.7.2 Toitures inclinées (pente > 5 %) (voir paragraphe 6.5.5) : autoprotection
7 Ouvrages particuliers
7.1 Nomenclature

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

7.2 Noues et chéneaux
7.2.1 Noues
7.2.1.1 Généralités
7.2.1.2 Noues centrales et noues traditionnelles
7.2.1.3 Noues de rive
7.2.2 Chéneaux en encorbellement
7.3 Faîtages, arêtiers et divers changements de pente
7.4 Bandes métalliques reliées à l'étanchéité (rives, égouts, faîtages simples…)
7.4.1 Caractéristiques des bandes métalliques
7.4.1.1 Epaisseur
7.4.1.2 Longueur des bandes
7.4.1.3 Largeur de l'aile insérée dans le revêtement d'étanchéité
7.4.1.4 Retombée
7.4.2 Fixation des bandes métalliques
7.4.2.1 Fixation de l'aile insérée dans le revêtement d'étanchéité
7.4.2.2 Fixation de la retombée
7.4.3 Raccordement au revêtement d'étanchéité
7.5 Reliefs
7.5.1 Généralités
7.5.2 Hauteur des reliefs
7.5.3 Forme des reliefs
7.5.4 Costières
7.5.4.1 Généralités
7.5.4.2 Dimensionnement des costières
7.5.5 Isolation thermique des reliefs
7.5.5.1 Nature des panneaux isolants
7.5.5.2 Fixation des panneaux isolants
7.5.5.2.1 Relevés de hauteur ≤ 0,30 m
7.5.5.2.1.1 Collage à l'EAC
7.5.5.2.1.2 Fixations mécaniques seules
7.5.5.2.2 Relevés de hauteur comprise entre 0,30 m et 0,60 m inclus
7.5.6 Calfeutrement à l'air au droit de reliefs
7.6 Joints de dilatation
7.7 Lanterneaux, exutoires de fumées, aérateurs,…
7.8 Dispositifs d'évacuation des eaux pluviales
7.8.1 Généralités
7.8.2 Ossature — Chevêtre
7.8.3 Renfort des tôles d'acier nervurées
7.8.4 Implantation et surface collectée
7.8.5 Sections des entrées d'eaux pluviales (EEP) et des descentes d'eaux pluviales (DEP)
7.8.5.1 Principe de calcul des surfaces collectées (en protection horizontale) par EEP ou DEP
7.8.5.2 EEP « en fond de noue » (voir paragraphe 7.8.6.1.1)
7.8.5.3 EEP « en déversoir » (latérale) (voir paragraphe 7.8.6.1.2)
7.8.6 Entrée d'eaux pluviales (EEP)
7.8.6.1 Constitution — Dimensions
7.8.6.1.1 EEP « en fond de noue »
7.8.6.1.2 EEP « en déversoir » (latérale)
7.8.6.2 Raccordement au revêtement d'étanchéité et à la descente d'eaux pluviales
7.8.6.2.1 EEP « en fond de noue »
7.8.6.2.2 EEP « en déversoir » (latérale)
7.8.6.3 Crapaudines, garde-grèves
7.8.7 Trop-pleins
7.9 Traversées de toiture (ventilations, potelets,…)
7.9.1 Généralités
7.9.2 Constitution et raccordement à l'étanchéité
8 Dispositions spécifiques
8.1 Dispositions liées aux locaux à forte ou très forte hygrométrie
8.1.1 Locaux à forte hygrométrie
8.1.1.1 Tôles d'acier nervurées
8.1.1.2 Pare-vapeur
8.1.1.2.1 Bandes auto-adhésives
8.1.1.2.2 Ecrans rapportés
8.1.1.3 Isolation thermique
8.1.1.3.1 Isolation en un seul lit
8.1.1.3.1.1 Sous-protection lourde (figure 41a)
8.1.1.3.1.2 Sous revêtement d'étanchéité autoprotégé (figure 41c)
8.1.1.3.2 Isolation en plusieurs lits
8.1.1.3.2.1 Sous protection lourde (figure 41b)
8.1.1.3.2.2 Sous revêtement d'étanchéité autoprotégé (figure 41d)
8.1.1.3.3 Résumé des dispositions concernant l'isolation thermique sur locaux à forte hygrométrie (tableau 16 et figure 41)
8.1.2 Locaux à très forte hygrométrie
8.1.2.1 Tôles d'acier nervurées
8.1.2.2 Pare-vapeur
8.1.2.2.1 Ecran rapporté disposé directement sur les tôles d'acier nervurées [figures 43a) et b)]
8.1.2.2.2 Ecran rapporté disposé sur platelage [figures 43c), d), e), f)]
8.1.2.3 Isolation thermique (figure 43)
8.2 Dispositions liées aux locaux réfrigérés
8.3 Dispositions liées à l'emploi de matériaux ou à la présence d'ouvrages en sous-face des tôles d'acier nervurées
8.3.1 Produits projetés
8.3.2 Plafonds suspendus
8.4 Dispositions liées à l'environnement
8.5 Dispositions liées aux équipements de toitures à zones techniques
8.6 Dispositions liées à la correction acoustique des locaux
8.7 Dispositions liées à la tenue au feu
9 Epreuves d'étanchéité à l'eau
Annexe A (informative) Entretien et usage
Annexe B (informative) Classification des locaux en fonction de leur hygrométrie et de l'ambiance intérieure
B.1 Hygrométrie des locaux
B.1.1 Généralités
B.1.2 Classement descriptif indicatif
B.1.2.1 Locaux à faible hygrométrie
B.1.2.2 Locaux à hygrométrie moyenne
B.1.2.3 Locaux à forte hygrométrie
B.1.2.4 Locaux à très forte hygrométrie

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

B.2 Ambiances intérieures
Annexe C (normative) Conditions nécessaires à l'exécution des travaux (pentes, ossatures, charges)
C.1 Pentes
C.1.1 Cas général
C.1.2 Cas des toitures avec noues de pente ≥ 0,5 % avec tôles d'acier nervurées posées perpendiculairement à cette noue
C.1.3 Chéneaux
C.2 Ossature
C.2.1 Vérification de l'ossature sous le phénomène d'accumulation d'eau dans les noues
C.2.2 Appuis des tôles d'acier nervurées
C.2.2.1 Dispositions communes
C.2.2.2 Dispositions particulières aux diverses ossatures
C.2.2.2.1 Charpente en béton armé ou précontraint
C.2.2.2.2 Charpente en acier
C.2.2.2.3 Charpente en bois
C.2.2.2.4 Murs porteurs en maçonnerie
C.2.2.3 Dispositions spécifiques aux toitures courbes
C.2.3 Ouvrages particuliers
C.2.3.1 Appuis vis-à-vis du porte-à-faux des tôles d'acier nervurées
C.2.3.2 Appuis au droit des changements de pente (faîtage, noue, arêtier…)
C.2.3.2.1 Faîtages
C.2.3.2.2 Noues centrales
C.2.3.2.3 Noues traditionnelles (figure C.12) et arêtiers (figure C.13)
C.2.3.3 Dispositions au droit des rives et émergences
C.2.3.3.1 Appuis des tôles d'acier nervurées
C.2.3.3.1.1 Noues de rives
C.2.3.3.1.2 Faîtages simples et rives
C.2.3.3.1.3 Appui des tôles d'acier nervurées au droit des émergences
C.2.3.3.2 Acrotères et émergences sans contre-bardage (figure C.16)
C.2.3.3.3 Acrotères et émergences avec contre-bardage (figure C.17)
C.2.3.4 Fractionnement de l'ossature — Joints de dilatation
C.2.3.5 Traversées (pénétrations, entrées d'eaux pluviales…)
C.2.3.6 Lanterneaux, exutoires de fumée, aérateurs…
C.3 Charges à prendre en compte pour les ouvrages de toiture
C.3.1 Charges descendantes
C.3.1.1 Charges de montage
C.3.1.2 Charges permanentes
C.3.1.3 Charges d'entretien
C.3.1.4 Charges climatiques de neige
C.3.1.5 Charges d'eau de pluie
C.3.1.6 Charge d'épreuve d'étanchéité à l'eau
C.3.2 Charges ascendantes
Annexe D (informative) Règles simplifiées de vérification des éléments d'ossature supports de noues de toitures légères pour tenir compte du phénomène d'accumulation d'eau
D.1 Préambule
D.2 Etablissement des règles simplifiées
D.3 Enoncé des règles simplifiées
D.3.1 Pente de noue théorique ≥ 0,8 % + (4/L) %
D.3.2 Pente de noue théorique < à 0,8 % + (4/L) %
Annexe E (normative) Implantation des dispositifs d'évacuation d'eaux pluviales — Nécessité de vérification des éléments d'ossature sous accumulation d'eau
E.1 Définitions (au sens de la présente annexe) (voir figures E.1, E.2 et E.3)
E.1.1 Concernant l'ossature
E.1.2 Concernant l'évacuation des eaux pluviales
E.2 Implantation des dispositifs d'évacuation d'eaux pluviales — Nécessité de vérification des éléments d'ossature sous accumulation d'eau
E.2.1 Principes
E.2.2 Dispositions à respecter vis-à-vis de l'implantation des dispositifs d'évacuation d'eaux pluviales
E.2.2.1 Surface maximale collectée par EEP
E.2.2.2 Nombre minimal d'EEP par noue
E.2.2.3 Positionnement des EEP
E.2.2.3.1 Noues de pente nulle avec tôles d'acier nervurées perpendiculaires (ou biaises) par rapport à la noue
E.2.2.3.1.1 Travées ≤ 8 m
E.2.2.3.1.2 Travées > 8 m
E.2.2.3.2 Noues de pente comprise entre 0,5 % et 1,5 % avec tôles d'acier nervurées perpendiculaires (ou biaises) par rapport à la noue
E.2.2.3.3 Noues de pente ≥ 1,5 % avec tôles d'acier nervurées perpendiculaires (ou biaises) par rapport à la noue
E.2.2.3.4 Noues de pente nulle avec tôles d'acier nervurées parallèles à la noue
E.2.2.3.4.1 Portée des tôles d'acier nervurées ≤ 3,50 m
E.2.2.3.4.2 Portée des tôles d'acier nervurées > 3,50 m
E.2.3 Vérification des éléments d'ossature sous accumulation d'eau
Bibliographie

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Membres de la commission de normalisation
Président : M BLOTIERE
Secrétariat : M DRIAT — CSFE

- M ANDREI ETANCHISOL
- M ANDRIAMITANTSOA SNJF
- M BLOTIERE ICOPAL SAS
- M BONY AB2A
- M BOUKOLT PITTSBURGH CORNING FRANCE
- M BOUMENDIL THERMAL CERAMICS
- M BRAILLARD KEMCO TRIXA
- MME BROGAT HTC
- M BURDLOFF SOCOTEC
- M BUTET UNCP
- MLLE CAMBOURS AFNOR
- M CARETTE UNECB
- M CHEVALDONNET UFC
- M COLINA ATILH
- MME COTTENET FCBA
- M De BRAY ISOCHAPE
- M De FAY CSFE
- M DEAN SMAC SA
- M DECHEVRAND SOPREMA SAS
- M DECORNIQUET SARETEC DT
- M DEGAS CERIB
- M DEMARQUE CSTB
- M DROUILLY AXTER
- M DUFOSSE ARCELOR CONSTRUCTION FRANCE
- M DUFOUR DALSA
- M DUHAMEL SNCF APB
- MME GARNIER EFISOL
- M GIRARD SIKA FRANCE
- M GRELAT CEBTP
- MME GUERET PLACOPLATRE
- M GUYOTON ROCKWOOL FRANCE SAS
- M IZABEL SNPPA
- M LEMOINE UMGO
- M MARILL SFS INTEC
- MME MERLIN CETEN-APAVE
- M MICHEL BUREAU VERITAS
- M MORIN MORIN EXPERTISE
- M MOUTEL OPPBTP
- M NGUYEN TRI THIEN DAEI
- M PANNETIER OFFICE DES ASPHALTES
- M PASSINI SNA
- M PELISSIER SNPA
- MME PERO SOCABAT
- M PINÇON BNTEC
- M PIQUET RECTICEL
- M POISSON LUTECE ETANCHEITE
- M POSTIF
- M REMOLU
- M ROHMAN BOUYGUES
- M ROYER SMAC SA
- M SALEMBIER LAFARGE PLATRES
- M SOLLET SEO
- M THIERY GIR ETANCHEITE

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

- M VERMANDEL MEPLE
- M ZOCCOLI RUBEROID

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Avant-propos commun à tous les DTU

Un DTU constitue un cahier des clauses techniques types applicables contractuellement à des marchés de travaux de bâtiment.

Le marché de travaux doit, en fonction des particularités de chaque projet, définir dans ses documents particuliers, l'ensemble des dispositions nécessaires qui ne sont pas définies dans les DTU ou celles que les contractants estiment pertinent d'inclure en complément ou en dérogation de ce qui est spécifié dans les DTU.

En particulier, les DTU ne sont généralement pas en mesure de proposer des dispositions techniques pour la réalisation de travaux sur des bâtiments construits avec des techniques anciennes. L'établissement des clauses techniques pour les marchés de ce type relève d'une réflexion des acteurs responsables de la conception et de l'exécution des ouvrages, basée, lorsque cela s'avère pertinent, sur le contenu des DTU, mais aussi sur l'ensemble des connaissances acquises par la pratique de ces techniques anciennes.

Les DTU se réfèrent, pour la réalisation des travaux, à des produits ou procédés de construction, dont l'aptitude à satisfaire aux dispositions techniques des DTU est reconnue par l'expérience.

Lorsque le présent document se réfère à cet effet à un Avis Technique ou à un Document Technique d'Application, ou à une certification de produit, le titulaire du marché pourra proposer au maître d'ouvrage des produits qui bénéficient de modes de preuve en vigueur dans d'autres Etats Membres de l'Espace économique européen, qu'il estime équivalents et qui sont attestés par des organismes accrédités par des organismes signataires des accords dits « E. A. », ou à défaut fournissant la preuve de leur conformité à la norme EN 45011. Le titulaire du marché devra alors apporter au maître d'ouvrage les éléments de preuve qui sont nécessaires à l'appréciation de l'équivalence.

L'acceptation par le maître d'ouvrage d'une telle équivalence est définie par le Cahier des Clauses Spéciales du présent DTU.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Avant-propos particulier

Le présent DTU relatif à la mise en oeuvre des toitures en tôle d'acier nervurées avec revêtements d'étanchéité est constitué des 3 parties suivantes :
— Partie 1-1 :
Cahier des clauses techniques types (le présent document) ;
— Partie 1-2 :
Critères généraux de choix des matériaux ;
— Partie 2 :
Cahier des clauses administratives spéciales types.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

1 Domaine d'application

Le présent document propose des clauses types de spécifications de mise en oeuvre pour les marchés de travaux d'ouvrages de toitures comportant des éléments porteurs en tôle d'acier nervurée recevant un revêtement d'étanchéité.

Ces ouvrages comportent :

- des tôles d'acier nervurées ;
- éventuellement un pare-vapeur ;
- des panneaux isolants non porteurs ;
- un revêtement d'étanchéité et éventuellement une protection lourde ;
- des ouvrages particuliers qui comprennent notamment : noues, reliefs, joints de dilatation de l'ossature, lanterneaux, dispositifs d'évacuation des eaux pluviales, traversées de toiture, etc.

Le présent document est applicable dans toutes les zones climatiques ou naturelles françaises à l'exception des zones équatoriales et cycloniques.

NOTE
Le domaine d'utilisation ne couvre donc pas les DOM.

Il ne s'applique ni aux toitures réalisées dans les régions sous climat de montagne (altitude > 900 m), ni aux toitures des locaux à température contrôlée négative, ni aux terrasses à rétention temporaire des eaux pluviales.

La participation des tôles d'acier nervurées à la stabilité d'ensemble de l'ossature (contreventement par exemple), ou à sa stabilité locale (non-déversement des pannes par exemple) n'est pas traitée par le présent document.

NOTE
Des croquis figurent au présent document pour aider à la compréhension du texte. Ils constituent des exemples indicatifs et non limitatifs de réalisation des ouvrages auxquels ils se rapportent.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

NF P 06-001 ,
Bases de calcul des constructions — Charges d'exploitation des bâtiments .
NF P 06-004 ,
Bases de calcul des constructions — Charges permanentes et charges d'exploitation dues aux forces de pesanteur.
NF P 30-314 **,**
Travaux de couverture et de bardage — Détermination de la résistance caractéristique d'assemblage — Méthode d'essai d'arrachement de l'assemblage des plaques en tôle d'acier ou d'aluminium ausupport.
NF DTU 43.3 P1-2 ,
Travaux de bâtiment — Mise en oeuvre des toitures en tôles d'acier nervurées avec revêtement d'étanchéité — Partie 1-1 : Critères généraux de choix des matériaux (indice de classement : P 84-206-1-2).
NF DTU 43.3 P2 ,
Travaux de bâtiment — Mise en oeuvre des toitures en tôles d'acier nervurées avec revêtement d'étanchéité — Partie 2 : Cahier des clauses administratives spéciales types (indice de classement : P 84-206-2).
Règles DTU 60.11 ,
Règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et des installations d'évacuation des eaux pluviales (référence DTU P40-202).
Règles N84 et modificatifs ,
Actions de la neige sur les constructions (référence DTU P 06-006).
Règles NV65 et modificatifs ,
Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions et annexes (référence DTU P 06-002).
Cahiers du CSTB n° 2358 et 2433 :
Classement FIT.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1 Terminologie

3.1.1 Ossature

élément de la construction sur lequel sont directement fixées les tôles d'acier nervurées.

Elle est constituée d'ouvrages répondant aux définitions du paragraphe C.2 de l'annexe C .

3.1.2 Tôles d'acier nervurées et reliefs

3.1.2.1 Tôles d'acier nervurées (TAN)

éléments métalliques en tôle d'acier protégée nervurée, fixés sur l'ossature et assemblés entre eux de façon à fournir un platelage continu destiné à recevoir les panneaux isolants supports du revêtement d'étanchéité

3.1.2.2 Reliefs

ouvrages émergents sur lesquels l'étanchéité est relevée. Ils doivent être solidaires des tôles d'acier nervurées. Ils sont constitués de costières en tôle d'acier, éventuellement revêtues de panneaux isolants

3.1.3 Pare-vapeur

dispositif de protection contre la migration de la vapeur d'eau, placé sous la couche d'isolation thermique. Il peut être constitué d'écrans rapportés continus ou de bandes mises en place sur les recouvrements des tôles d'acier nervurées

3.1.4 Isolation thermique

elle est destinée à réduire les échanges de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur des bâtiments. Elle est réalisée par des panneaux isolants non porteurs, qui servent également de support continu, sur lesquels est appliqué le revêtement d'étanchéité

3.1.5 Revêtement d'étanchéité

le terme « revêtement d'étanchéité » désigne la totalité du complexe d'étanchéité proprement dit, appliqué, tant en parties courantes que sur les ouvrages particuliers.

Sur les parties courantes, le revêtement d'étanchéité est désigné par « revêtement d'étanchéité appliqué en parties courantes ».

Sur les reliefs, le revêtement est appelé « relevé ».

3.1.6 Couche d'indépendance — Couche de désolidarisation

la couche d'indépendance, lorsqu'elle existe, est disposée entre le revêtement d'étanchéité et son support pour empêcher leur adhérence.

La couche de désolidarisation, lorsqu'elle existe, est disposée entre le revêtement d'étanchéité et la protection lourde lorsqu'elle existe.

3.1.7 Protection et autoprotection

3.1.7.1 Protection lourde meuble

protection rapportée constituée par un lit de granulats minéraux libres

3.1.7.2 Protection lourde dure

protection rapportée par des dalles de béton préfabriquées

3.1.7.3 Autoprotection

l'autoprotection est une protection mince réalisée en usine sur un matériau d'étanchéité en feuille. Actuellement les autoprotections sont constituées soit par des granulés minéraux, soit par des feuilles métalliques minces

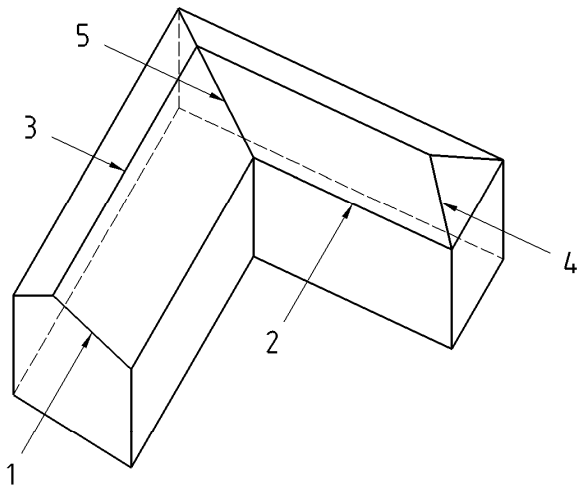
3.1.8 Noues et chéneaux

3.1.8.1 Noues

dans le présent document, le terme « noue traditionnelle » désigne la ligne rentrante formée par l'intersection latérale de deux pans de couverture (voir figure 1).

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

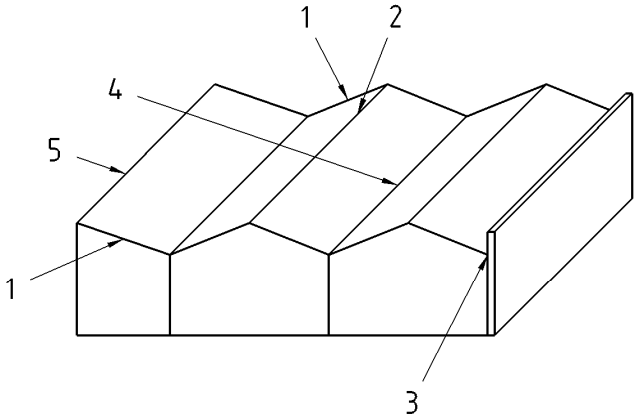


Légende

1	Rive	4	Arêtiers
2	Égout	5	Noue traditionnelle
3	Faîtage		

Figure 1 Noue traditionnelle

Le terme « noue » désigne la ligne rentrante, inclinée ou à pente nulle, formée par l'intersection inférieure de deux pans de couverture (noue centrale) ou d'un pan de couverture et d'une paroi verticale (noue de rive) (voir figure 2).



Légende

1	Rive	4	Noue centrale
2	Faîtage	5	Faîtage simple
3	Noue de rive		

Figure 2 Noue centrale et noue de rive

3.1.8.2 Chéneaux

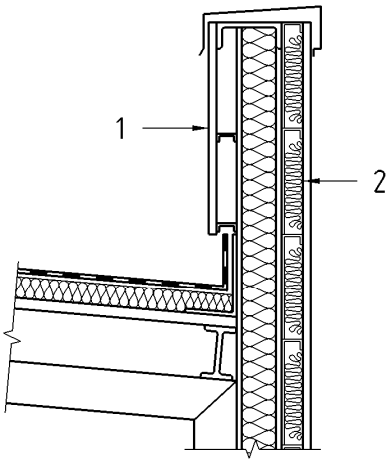
le terme « chéneau » désigne un ouvrage de collecte des eaux pluviales construit en encorbellement et désolidarisé de la partie courante de la toiture

3.1.9 Contre-bardage

c'est un habillage vertical, situé au-dessus d'un relief, permettant de limiter la hauteur du relevé d'étanchéité (voir figure 3)

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/



Légende

1 Contre-bardage
2 Bardage double peau

Figure 3 Contre-bardage

3.2 Définitions des toitures selon l'accessibilité

Du point de vue de l'accessibilité, les toitures en tôles d'acier nervurées avec revêtement d'étanchéité sont classées en trois catégories.

NOTE
Les Documents Particuliers du Marché (DPM) fixent :

- l'implantation des différentes zones (inaccessibles, de circulation, techniques) ;
- les charges à prendre en compte pour chaque cas (voir paragraphe C.3.1.3 de l'annexe C).

3.2.1 Toitures non accessibles sauf pour l'entretien normal, dites toitures inaccessibles

toitures ne recevant qu'une circulation réduite à l'entretien normal du revêtement d'étanchéité et de ses accessoires

3.2.2 Aires ou chemins de circulation (pentes ≤ 50 %)

zones soumises à des passages nécessaires à l'entretien courant des appareils et installations en toiture

3.2.3 Zones techniques (pentes ≤ 5 %)

zones soumises à une activité conduisant à une majoration des charges d'entretien (entretien d'appareils, circulation intense...).

NOTE
Les Documents Particuliers du Marché fixent les surfaces à traiter en zones techniques, indiquent les charges à prendre en compte et précisent si les chemins d'accès aux zones techniques doivent être traités en zones techniques [voir annexe A de la NF DTU 43.3 P2 (CCS)].

Les charges des équipements disposés sur les toitures doivent être reportées directement sur l'ossature (voir paragraphe C.3.1.2 de l'annexe C).

3.3 Définitions des toitures selon la pente

Les pentes définies dans le présent document sont celles figurées sur les plans, abstraction faite des actions directes (charges normales) et indirectes (fluage de l'ossature) et des tolérances d'exécution.

3.3.1 Pente des parties courantes

Du point de vue de la pente des parties courantes, les toitures en tôles d'acier nervurées avec revêtement d'étanchéité sont classées en deux catégories :

- toitures-terrasses plates : pentes ≤ 5 % ;
- toitures inclinées : pentes supérieures à 5 %.

NOTE
Dans le cas de toitures à versants plans de pentes différentes, chaque plan est traité selon la catégorie de pente à laquelle il appartient. Cependant, si des versants dont la longueur n'excède pas 2 m ont une pente inférieure à 5 % et se raccordent à des éléments de pente supérieure à 5 %, les premiers sont classés dans la catégorie des toitures inclinées.
Dans le cas de toitures courbes dont la pente varie de façon continue, la pente maximale détermine la catégorie. Dans le cas où la variation continue de la pente comporte une partie formant fil d'eau, cette partie doit être considérée comme une noue.

3.3.2 Pente dans les noues

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

On distingue trois types de noues :

- noue dite à pente nulle (0 ≤ p < 0,5 %) ;
- noue de pente comprise entre 0,5 % et 1,5 % ;
- noue de pente > 1,5 %.

NOTE
Le choix d'un type de noue a des conséquences sur :

- la vérification éventuelle de l'ossature sous le phénomène d'accumulation d'eau ;
- le nombre et l'implantation des entrées d'eaux pluviales ;
- la longueur des noues entre point haut et point bas.

3.3.3 Pente dans les chéneaux

On distingue deux types de chéneaux :

- chéneaux dits à pente nulle (0 ≤ p < 0,5 %) ;
- chéneaux en pente. Ce sont ceux dans lesquels le fond présente une pente au moins égale à 0,5 %.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

4 Matériaux

Les matériaux sont choisis parmi ceux répondant aux prescriptions de la NF DTU 43.3 P1-2 (CGM) .

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

5 Dispositions générales

Les travaux visés dans le présent document ne s'appliquent qu'aux toitures répondant aux conditions ci-après.

5.1 Conditions nécessaires à l'exécution des travaux

Les conditions nécessaires à l'exécution des travaux (pentes, ossatures, charges) sont définies en annexe C .

5.2 Implantation des ouvrages particuliers

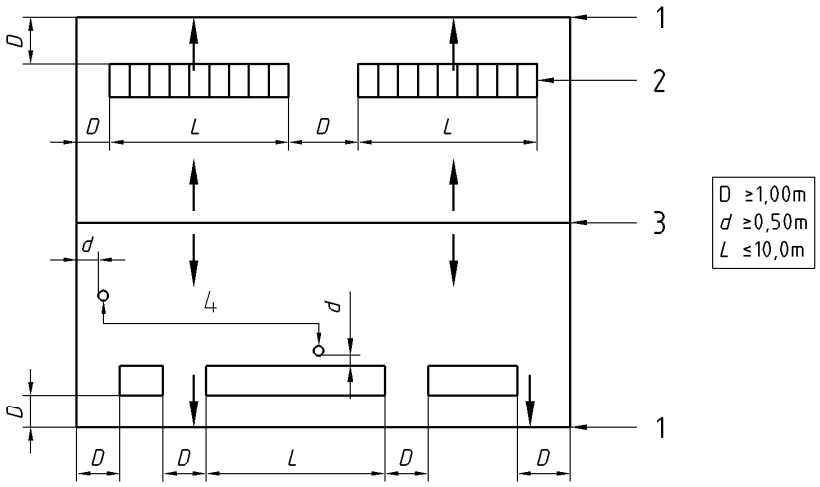
5.2.1 Emergences

Voir figure 4 pour leur implantation.

La réalisation et l'entretien courant des ouvrages d'étanchéité obligent à respecter une distance minimale entre ouvrages émergents voisins. Ces ouvrages (lanterneaux, joints de dilatation, acrotères, etc.) doivent être implantés de telle manière qu'un passage de 1 m soit réservé entre eux. Pour les ouvrages unitaires de petites dimensions, cette distance peut être réduite à 0,50 m.

Les ouvrages émergents unitaires (traversées de toiture, souches, lanterneaux, aérateurs...) doivent être implantés à plus de 1 m des noues.

Les reliefs linéaires filants perpendiculaires à la pente, autres que ceux situés en faîtage, doivent être de longueur L ≤ 10 m, afin de permettre l'évacuation des eaux pluviales et une circulation plus aisée lors des travaux et de l'entretien. Ils doivent être traités comme des noues de rive du point de vue de leur hauteur (voir paragraphe 7.2.1.3).



Légende

1	Noue de rive	3	Faîtage
2	Lanterneau filant	4	Ventilation

Figure 4 Implantation des émergences

5.2.2 Dispositifs d'évacuation des eaux pluviales

5.2.2.1 Surface maximale collectée

La surface maximale collectée par entrée d'eaux pluviales (EEP) est de :

- 700 m² dans le cas d'entrée d'eaux pluviales « en fond de noue » ;
- 350 m² dans le cas d'entrée d'eaux pluviales « en déversoir » (latérale).

5.2.2.2 Implantation et nombre d'entrées d'eaux pluviales

Il y a lieu de respecter les dispositions de l'annexe E .

5.2.2.3 Franchissement d'un joint de dilatation

Le passage des eaux d'une toiture sur une autre toiture (située au même niveau) à travers les costières d'un joint de dilatation est interdit.

5.2.3 Chéneaux

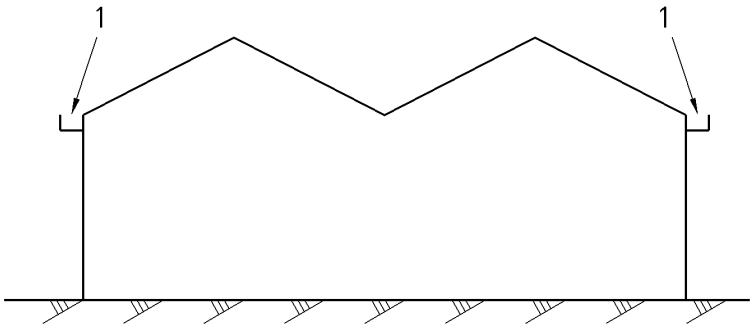
NOTE
Les chéneaux sont des ouvrages exceptionnels pour ce type de toiture sachant que celle-ci se prête mieux à la réalisation de noues qui permettent d'assurer la continuité de l'isolation et de l'étanchéité.

Lorsque des chéneaux sont prévus, ils sont implantés en encorbellement (voir figure 5) et sont conçus de façon que le

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

débordement éventuel se produise toujours du côté extérieur du bâtiment (paroi latérale extérieure de hauteur inférieure à celle intérieure).



Légende

1 Chéneau en encorbellement

Figure 5 Implantation des chéneaux

Les chéneaux intérieurs ne sont pas visés par le présent document.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

6 Prescriptions concernant l'exécution des travaux en parties courantes

6.1 Stockage — Approvisionnement et circulation en toiture

6.1.1 Stockage au sol

Les colis de tôles d'acier nervurées sont stockés sur un calage, inclinés sur l'horizontale, tout en ménageant un espace avec le sol, en évitant tout risque de déformation permanente des plaques.

NOTE
L'humidité et plus particulièrement la condensation entre les profilés peuvent entraîner la formation de dépôts gris à blanchâtres (rouille blanche). L'apparition d'efflorescences (rouille blanche), sur des tôles non prélaquées, dues à la formation d'une couche d'oxyde de zinc hydraté, hydrocarbonate de zinc ou oxychlorure de zinc, n'est pas de nature à modifier les propriétés mécaniques des tôles d'acier nervurées. En vue de s'en prémunir, les Documents Particuliers du Marché peuvent prévoir des moyens de protection (chromatage et/ou huilage, prélaquage).

Les panneaux isolants sont protégés de la pluie.

6.1.2 Approvisionnement en toiture

Les fardeaux de tôles d'acier nervurées doivent être posés sur l'ossature, au droit des fermes ou portiques.

L'approvisionnement des autres matériaux et matériels (isolants, étanchéité...), se fait en prenant des précautions pour ne pas endommager les ouvrages déjà réalisés sur lesquels ils sont posés (tôles d'acier nervurées, isolants, étanchéité). Un platelage doit être aménagé dans les zones de réception des matériaux.

Les charges appliquées aux tôles d'acier nervurées doivent être compatibles avec leurs performances.

La manutention et le stockage sur les tôles d'acier nervurées ne peuvent se faire qu'après fixation et couturage définitif de ces dernières.

6.1.3 Circulation en toiture

La circulation des engins de manutention (brouettes...) directement sur les ouvrages déjà réalisés (tôles d'acier nervurées, isolants, étanchéité) n'est admise que si ces engins sont adaptés à cet usage.

Dans le cas contraire, un chemin de circulation est aménagé.

6.2 Tôles d'acier nervurées

Leur participation à la stabilité de l'ossature n'est pas traitée (voir article 1).

6.2.1 Conditions d'emploi

Des dispositions spécifiques concernant le choix des tôles d'acier nervurées sont à respecter pour des conditions d'emploi particulières :

- locaux à forte et très forte hygrométrie (voir paragraphe 8.1) ;
- locaux à ambiance agressive (voir paragraphe 8.4).

6.2.2 Choix des tôles d'acier nervurées et de leur épaisseur en fonction des charges et des portées

Les portées limites utiles des tôles d'acier nervurées sont définies en fonction des charges appliquées conformément aux dispositions de l'annexe A de la norme NF DTU 43.3 P1-2 (CGM) .

Dans cette annexe, le principe des états limites ultimes et de service a été retenu (avec pondération des charges).

En application du paragraphe « Identification de la norme NF DTU 43.3 P1-2 (CGM) , les tôles d'acier nervurées sont identifiées à l'aide de « fiches techniques » contenant les informations nécessaires pour les cas les plus usuels.

Les porte-à-faux sont définis au paragraphe C.2.3.1 .

6.2.2.1 Cas des charges descendantes

6.2.2.1.1 Charges à prendre en compte

6.2.2.1.1.1 Situation de montage

Le poids propre des tôles d'acier nervurées est successivement combiné avec chaque charge de montage définie au paragraphe C.3.1.1 .

Les portées limites indiquées dans les fiches techniques prennent en compte cette situation.

6.2.2.1.1.2 Situation d'exploitation

La charge descendante de calcul est définie en combinant les charges permanentes avec la charge d'exploitation la plus élevée entre :

- la charge d'entretien (voir paragraphe C.3.1.3) ;
- la charge climatique de neige (voir paragraphe C.3.1.4).

6.2.2.1.1.3 Cas particuliers

Les revêtements d'étanchéité en asphalte et certains panneaux isolants exigent des conditions de flèche plus sévères que celles prévues dans le cas général pour les tôles d'acier nervurées (voir paragraphe 6.2.2.1.2.1).

Ces exigences seront satisfaites en majorant la charge descendante de calcul d'une valeur :

- égale à 0,60 kN/m² pour les revêtements d'étanchéité en asphalte ;
- spécifiée dans les Documents Techniques d'Application [1] des panneaux isolants concernés.

1)
Ou son/leur équivalent dans les conditions indiquées dans l'avant-propos.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

6.2.2.1.2 Conditions de flèche

6.2.2.1.2.1 Cas général

Du point de vue flexibilité, l'annexe A de la norme NF DTU 43.3 P1-2 (CGM) prend en considération les limitations de flèche suivantes à mi-portée :

a. 1/150 de la portée en situation de montage sous l'action des charges descendantes définies au paragraphe 6.2.2.1.1.1 ;
b. 1/200 de la portée en situation d'exploitation sous l'action des charges descendantes définies au paragraphe 6.2.2.1.1.2 ;
c. 1/250 de la portée en situation d'exploitation sous l'action de la charge d'exploitation la plus élevée entre :
   - la charge d'entretien (voir paragraphe C.3.1.3) ;
   - la charge climatique de neige (voir paragraphe C.3.1.4).

6.2.2.1.2.2 Cas particulier des grandes portées

Lorsque les portées dépassent 5,0 m, la limitation de flèche à mi-portée visée au cas c) du cas général est de :

- 0,02 m de 5,0 m à 6,0 m de portée ;
- 1/300 de la portée au-delà de 6,0 m de portée.

6.2.2.1.3 Choix des tôles d'acier nervurées

Le total des charges descendantes de calcul prises en compte pour le choix des tôles d'acier nervurées est la somme de :

- la charge permanente hors poids propre des tôles d'acier nervurées ;
- la charge d'exploitation : la plus élevée de la charge d'entretien (voir paragraphe C.3.1.3) ou de la charge climatique de neige (voir paragraphe C.3.1.4).

Il est rappelé que dans les cas particuliers de l'asphalte et de certains panneaux isolants (voir paragraphe 6.2.2.1.1.3), la charge descendante de calcul est majorée.

> NOTE
> Les effets du poids propre des tôles d'acier nervurées et des coefficients de pondération des charges sont pris en compte dans les calculs ayant permis de déterminer les valeurs des portées utiles.

Les fiches techniques des tôles d'acier nervurées font apparaître ces valeurs non pondérées de charges.

6.2.2.2 Cas des charges ascendantes

6.2.2.2.1 Cas courant

Dans les cas les plus courants, la charge ascendante de calcul est inférieure au total des charges descendantes de calcul définies au paragraphe 6.2.2.1 .

Par ailleurs, les tôles d'acier nervurées conformes au présent document présentent, pour une charge ascendante donnée, des déformations et des contraintes inférieures à celles obtenues pour une charge descendante de même intensité.

En conséquence, le choix des tôles d'acier nervurées et de leur épaisseur est effectué en ne considérant que les charges descendantes (voir paragraphe 6.2.2.1.3) dans les cas suivants de bâtiments de 20 m de hauteur maximum :

a. charge descendante supérieure à 1,1 kN/m² :
   - bâtiments fermés ;
   - bâtiments ouverts situés :
     - en zone 1 de vent ;
     - en zone 2 site normal ;
b. charge descendante supérieure à 1,5 kN/m² :
   - bâtiments ouverts situés :
     - en zone 2 site exposé ;
     - en zones 3 site normal et 4 site normal ;
c. charge descendante supérieure à 1,9 kN/m² :
   - bâtiments ouverts en zones 3 site exposé et 4 site exposé.

6.2.2.2.2 Cas particuliers

Pour les cas non visés au paragraphe précédent, il y a lieu d'effectuer la vérification sous la charge ascendante de calcul.

Les charges ascendantes de calcul sont définies au paragraphe C.3.2 .

6.2.3 Mise en place des tôles d'acier nervurées

Il n'y a pas de sens privilégié de pose des tôles d'acier nervurées par rapport à la pente.

> NOTE
> Toutefois, la pose dans le sens de la pente évite d'éventuelles stagnations d'eau dans les nervures lors de la mise en oeuvre.

Le recouvrement transversal, qui se fait obligatoirement sur la largeur de l'appui, est de 50 mm minimum.

Le recouvrement latéral se fait par l'emboîtement et la couture des tôles d'acier nervurées entre elles.

Lorsque la continuité du plan supérieur des tôles d'acier nervurées ne peut pas être assurée au droit des lignes de changement de pente (noues, faîtages, arêtiers...) par emboîtement des nervures, il y a lieu de respecter les dispositions des paragraphes 7.2.1.2 et 7.3 .

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Lorsque les tôles d'acier nervurées sont coupées longitudinalement et si le porte-à-faux de la plage coupée excède 0,10 m, la nervure est reconstituée. L'assemblage est assuré par couturage tous les 0,50 m environ (Figure 6 — Nervure reconstituée dans le cas de coupe longitudinale des tôles).

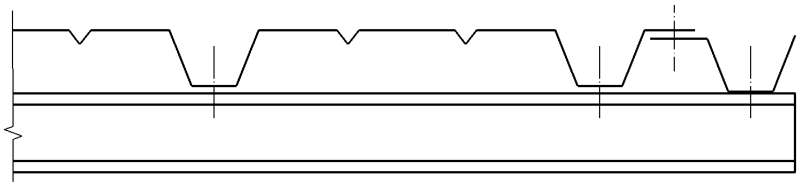


Figure 6 Nervure reconstituée dans le cas de coupe longitudinale des tôles

En cas de toitures courbes (concaves ou convexes), il y a lieu de se reporter au paragraphe C.2.2.3 .

Les tôles d'acier nervurées précintrées ne sont pas visées par le présent document.

6.2.4 Fixation à l'ossature

6.2.4.1 Densité des fixations

6.2.4.1.1 Cas général des fixations de résistance caractéristique ≥ 600 daN

NOTE
La définition des résistances caractéristiques des fixations est donnée par la norme NF P 30-314 .

La densité de fixations des tôles d'acier nervurées à l'ossature dépend :

- de la zone de vent et du site ;
- du bâtiment : ouvert ou fermé, hauteur du bâtiment ;
- de la présence ou non d'une protection lourde ;
- de la forme des versants (plans ou courbes).

Dans le cas de versants plans, cette densité est définie dans le tableau 1 .

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Nombre de fixations de tôles d'acier nervurées à l'ossature (Rc ≥ 600 daN)

1/2 signifie une fixation toutes les deux nervures sur chaque appui

1/1 signifie une fixation toutes les nervures sur chaque appui

Bâtiment	Hauteur de la toiture	Zones et sites de vent		Revêtement d'étanchéité autoprotégé		Revêtement d'étanchéité sous protection lourde	
				Parties courantes	Pourtours et ouvrages particuliers	Parties courantes	Pourtours et ouvrages particuliers [a)]
Fermé	≤ 20 m	1	Tous sites	1/2	1/1 [a)]	1/2	1/1
		2	Tous sites	1/2			
		3 et 4	Normal	1/2			
		3 et 4	Exposé	1/1			
	> 20 m	Toutes zones et tous sites		Voir [b)]	Voir [b)]	1/2	1/1
Ouvert	≤ 20 m	1	Tous sites	1/2	1/1 [a)]	1/2	1/1
		2	Normal	1/2			
		2	Exposé	1/1			
		3 et 4	Tous sites	1/1			
	> 20 m	Toutes zones et tous sites		Voir [b)]	Voir [b)]	1/2	1/1

a) Au pourtour de la toiture, la fixation doit se faire à toutes les nervures sur les deux derniers appuis et sur une distance de 2 m environ dans l'autre sens (Figure 8 — Disposition des fixations au pourtour de la toiture).

Au droit des ouvrages particuliers (noues centrales, noues traditionnelles, arêtiers, faîtages, joints de dilatation et émergences diverses), la fixation doit se faire sur toutes les nervures sur le dernier appui.

b) Pour les bâtiments de hauteur supérieure à 20 m, la densité de fixation est déterminée en vérifiant en parties courantes et en rives que : $\frac{1{,}5\ D \times L \times e}{n} \leq Rc$ *avec :*

D charges extrêmes en dépression dues au vent,

— en rive, avec vent perpendiculaire aux génératrices avec $c_p = (2\ c_e - c_i)$*, la rive étant définie comme le 1/10 de la hauteur du bâtiment ;*

— en parties courantes avec $c_p = (c_e - c_i)$ *;*

diminuées du poids propre de la couverture [tôle d'acier nervurée + isolant + revêtement d'étanchéité + protection lourde éventuelle (daN/m²)].

L portée des tôles d'acier nervurées (m).

e écartement des fixations des tôles d'acier nervurées sur appui (m) : un entraxe de nervures s'il y a une fixation par nervure, deux entraxes de nervures s'il y a une fixation toutes les deux nervures.

n pour chaque nervure fixée, n = 1 si fixation unique ; n = 2 si fixation doublée

Rc résistance caractéristique de la fixation (daN)

Le nombre de fixations ainsi déterminé (une toutes les nervures, une toutes les deux nervures) ne sera en aucun cas inférieur à celui prévu dans le tableau pour un bâtiment de hauteur ≤ 20 m.

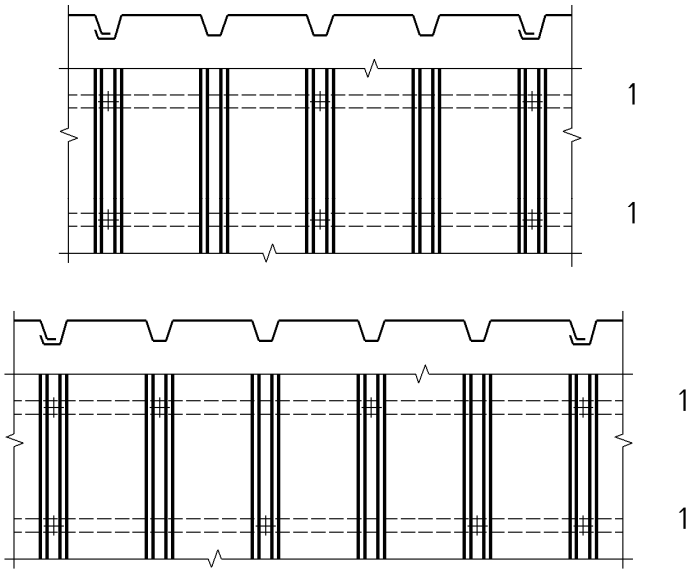
NOTE Cette vérification peut conduire à doubler le nombre de fixations dans chaque nervure, ou à choisir des tôles d'acier nervurées dont les performances mécaniques (entraxe des nervures, portées) sont surdimensionnées par rapport à la seule exigence de résistance aux charges descendantes et ascendantes.

Tableau 1 Densité de fixations à l'ossature (Rc ≥ 600 daN)

Dans le cas de fixation toutes les deux nervures, il y en a systématiquement une dans chaque nervure de recouvrement longitudinal des tôles d'acier nervurées. Pour les nervures intermédiaires, les fixations peuvent être posées en alternance d'une panne à la suivante (voir figure 7).

https://www.engcopilot.com/

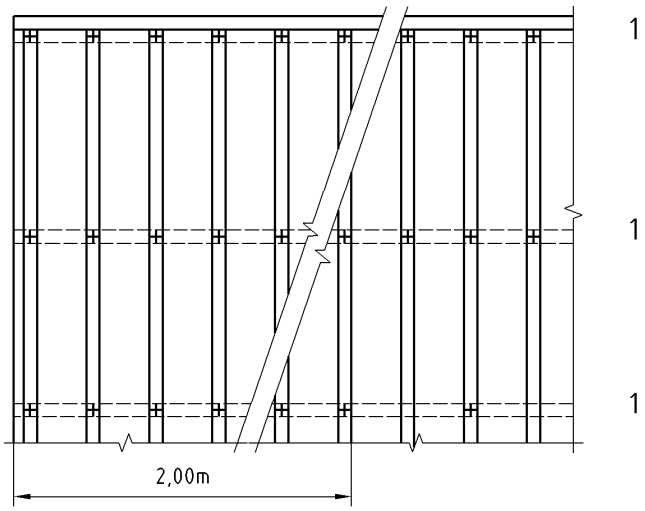
https://www.engcopilot.com/



Légende

1 Appui

Figure 7 Fixation toutes les deux nervures — Dispositions en partie courante



Légende

1 Appui

Figure 8 Disposition des fixations au pourtour de la toiture

6.2.4.1.2 Cas particuliers des fixations de résistance caractéristique comprise entre 300 daN et 600 daN

NOTE
La définition des résistances caractéristiques des fixations est donnée par la norme NF P 30-314 .

La densité de fixations des tôles d'acier nervurées à l'ossature dépend :

- de la zone de vent et du site ;
- du bâtiment : ouvert ou fermé, hauteur du bâtiment ;
- de la présence ou non d'une protection lourde ;
- de la forme des versants (plans ou courbes).

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Dans le cas de versants plans, cette densité est définie dans le tableau 2 .

Nombre de fixations de tôles d'acier nervurées à l'ossature (300 daN < Rc < 600 daN) 1/1 signifie une fixation toutes les nervures sur chaque appui 2/1 signifie deux fixations toutes les nervures sur chaque appui [a)]							
Bâtiment	**Hauteur de la toiture**	**Zones et sites de vent**		**Revêtement d'étanchéité autoprotégé**		**Revêtement d'étanchéité sous protection lourde**	
				Parties courantes	Pourtours et ouvrages particuliers	Parties courantes	Pourtours et ouvrages particuliers [b)]
Fermé	≤ 20 m	1	Tous sites	1/1	2/1 [b)]	1/1	2/1
		2	Tous sites	1/1			
		3 et 4	Normal	1/1			
		3 et 4	Exposé	2/1			
	> 20 m	Toutes zones et tous sites		Voir [c)]	Voir [c)]	1/1	2/1
Ouvert	≤ 20 m	1	Tous sites	1/1	2/1 [b)]	1/1	2/1
		2	Normal	1/1			
		2	Exposé	2/1			
		3 et 4	Tous sites	2/1			
	> 20 m	Toutes zones et tous sites		Voir [c)]	Voir [c)]	1/1	2/1

a) L'assemblage constitué par deux fixations par nervure doit présenter une résistance caractéristique globale ≥ 600 daN. Cette exigence peut entraîner des dispositions particulières pour certaines ossatures (voir paragraphes C.2.2.2.2 et C.2.2.2.3).

b) Au pourtour de la toiture, la fixation doit se faire à raison de deux fixations toutes les nervures sur les deux derniers appuis et sur une distance de 2 m environ dans l'autre sens. Au droit des ouvrages particuliers (noues centrales, noues traditionnelles, arêtiers, faîtages, joints de dilatation et émergences diverses), la fixation doit se faire à raison de deux fixations toutes les nervures sur le dernier appui.

c) Pour les bâtiments de hauteur supérieure à 20 m, une vérification de la densité des fixations est effectuée selon les modalités exposées au renvoi b du tableau 1. Le nombre de fixations ainsi déterminé (une toutes les nervures, deux toutes les nervures) ne sera en aucun cas inférieur à celui prévu dans le tableau pour un bâtiment de hauteur ≤ 20 m.

Tableau 2 Densité de fixations à l'ossature (Rc entre 300 daN et 600 daN)

6.2.4.2 Nature des fixations

Diverses fixations peuvent être utilisées en fonction de la nature des appuis (voir paragraphe C.2.2.2).

Des protections particulières contre la corrosion sont nécessaires dans le cas de locaux à très forte hygrométrie (voir paragraphe 8.1.2) et sur appuis en bois.

NOTE

La fixation des tôles d'acier nervurées par clous à scellement relève de la procédure d'Avis Technique [2] qui définit notamment l'épaisseur minimale admissible de l'appui.

2)
Ou son/leur équivalent dans les conditions indiquées dans l'avant-propos.

6.2.4.2.1 Sur charpente en béton armé ou précontraint (avec insert acier) (voir paragraphe C.2.2.2.1)

- vis autotaraudeuse ;
- vis autoperceuse ;
- clou à scellement.

6.2.4.2.2 Sur charpente en acier (voir paragraphe C.2.2.2.2)

- vis autotaraudeuse ;
- vis autoperceuse ;
- clou à scellement.

6.2.4.2.3 Sur charpente en bois (voir paragraphe C.2.2.2.3)

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

- vis autoperceuse à bois ;
- tirefond à visser.

6.2.5 Fixations de couture

Les tôles d'acier nervurées sont couturées à leurs emboîtements longitudinaux tous les 1 m environ.

Dans le cas où un pare-vapeur par bandes auto-adhésives est disposé sur les tôles d'acier nervurées (voir paragraphe 8.1.1.2.1), les fixations de couture sont espacées d'au plus 0,50 m.

6.3 Pare-vapeur

Les conditions d'emploi et la constitution du dispositif pare-vapeur en fonction de la classe d'hygrométrie des locaux sont traitées au paragraphe 8.1 .

Sur tôles d'acier nervurées à plages pleines, le dispositif pare-vapeur n'est nécessaire que dans le cas de locaux à forte ou très forte hygrométrie.

Sur tôles d'acier nervurées à plages perforées ou crevées, il est obligatoire.

Il est déroulé à sec sur les tôles d'acier nervurées, avec un recouvrement de 0,10 m.

> NOTE
> Les tôles d'acier nervurées perforées ou crevées ne sont pas visées sur les locaux à forte et très forte hygrométrie.

6.4 Isolation thermique

6.4.1 Epaisseur des panneaux isolants

Pour les bâtiments concernés et dans les limites de son domaine d'application, la réglementation thermique en vigueur s'applique.

Les Documents Particuliers du Marché définissent la résistance thermique utile de la couche isolante ou le coefficient de transmission surfacique global de la paroi (U_p) en W/(m².K), tenant compte des ponts thermiques intégrés courants des fixations des panneaux isolants ($\Delta U_{fixation}$).

L'épaisseur de la couche isolante doit être telle que le point de rosée ne se situe jamais à la sous-face des tôles d'acier nervurées.

> NOTE
> Sauf indications contraires des Documents Particuliers du Marché, les calculs sont conduits dans l'hypothèse d'un régime permanent.

Le Document Technique d'Application [3] de l'isolant précise l'épaisseur minimale en fonction de la largeur de vallée des tôles d'acier nervurées.

L'isolation peut être réalisée en un ou plusieurs lits de panneaux (de même nature ou de natures différentes) conformes aux dispositions des Documents Techniques d'Application [3] concernés.

6.4.2 Mise en oeuvre des panneaux isolants

Principe de répartition et de pose des panneaux isolants :

- pose en un seul lit : les joints doivent être décalés dans un sens (pose dite en quinconce).
  Les joints alignés sont perpendiculaires aux nervures des tôles d'acier nervurées (voir figure 9), ou éventuellement de biais.

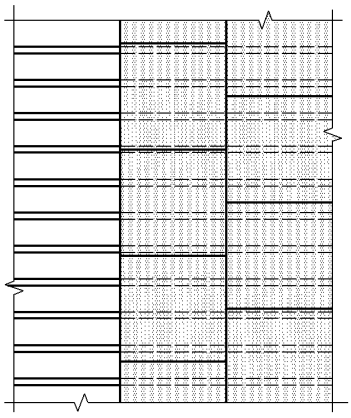


Figure 9 Joints alignés de panneaux isolants perpendiculaires aux nervures

- pose en plusieurs lits : chaque lit est disposé en quinconce, les joints de deux lits successifs n'étant pas superposés.

> NOTE
> À la jonction entre panneaux, peut subsister un jeu d'assemblage conditionné par les tolérances dimensionnelles des panneaux.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

La pose de la première couche du revêtement d'étanchéité doit suivre la pose des panneaux pour les protéger des intempéries.

6.4.3 Systèmes de fixation

Les systèmes de fixation sont définis ci-après.

NOTE
Les Documents Techniques d'Application [3] des panneaux isolants peuvent prévoir d'autres dispositions.

3)
Ou son/leur équivalent dans les conditions indiquées dans l'avant-propos.

6.4.3.1 Panneaux sous revêtements avec protection lourde (pente ≤ 5 %)

6.4.3.1.1 Isolation en un seul lit

	Zones climatiques de vent : toutes zones, tous sites
Fixation du lit unique	— soit EAC — soit une fixation mécanique centrale par panneau

Tableau 3 Fixation des isolants sous protection lourde (un seul lit)

6.4.3.1.2 Isolation en plusieurs lits

	Zones climatiques de vent : toutes zones, tous sites
Fixation de chaque lit	— soit EAC — soit une fixation mécanique centrale par panneau

Tableau 4 Fixation des isolants sous protection lourde (plusieurs lits)

6.4.3.2 Panneaux sous revêtements d'étanchéité autoprotégés

6.4.3.2.1 Isolation en un seul lit

Seules sont utilisées les fixations mécaniques, selon les densités minimales suivantes (en nombre par mètre carré) :

a. Toiture de hauteur ≤ 20 m :

Cas des bâtiments fermés de hauteur ≤ 20 m		**Zones climatiques de vent**			
		Zones 1 et 2		**Zones 3 et 4**	
Sites de vent		Site normal	Site exposé	Site normal	Site exposé
Fixation du lit unique	En partie courante	5	6	6	8
	En périphérie sur 2 m de large	6	10	10	10
	Aux angles	10	12	12	12

Tableau 5 Fixation des isolants sous revêtement autoprotégé (un seul lit — bâtiments fermés h ≤ 20 m)

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Cas des bâtiments ouverts de hauteur ≤ 20 m		Zones climatiques de vent			
		Zones 1 et 2		Zones 3 et 4	
Sites de vent		Site normal	Site exposé	Site normal	Site exposé
Fixation du lit unique	En partie courante	5	8	8	10
	En périphérie sur 2 m de large	6	10	10	10
	Aux angles	10	12	12	12

Tableau 6 Fixation des isolants sous revêtement autoprotégé (un seul lit — bâtiments ouverts h ≤ 20 m)

La répartition régulière dans les deux sens est faite avec un minimum de quatre fixations à l'intérieur du panneau, à raison d'une par angle, l'axe de la fixation étant à une distance de 0,10 m à 0,20 m environ des bords du panneau.

Des exemples de répartition de fixations sont données figure 10 pour des panneaux de 1,20 m × 1,00 m.

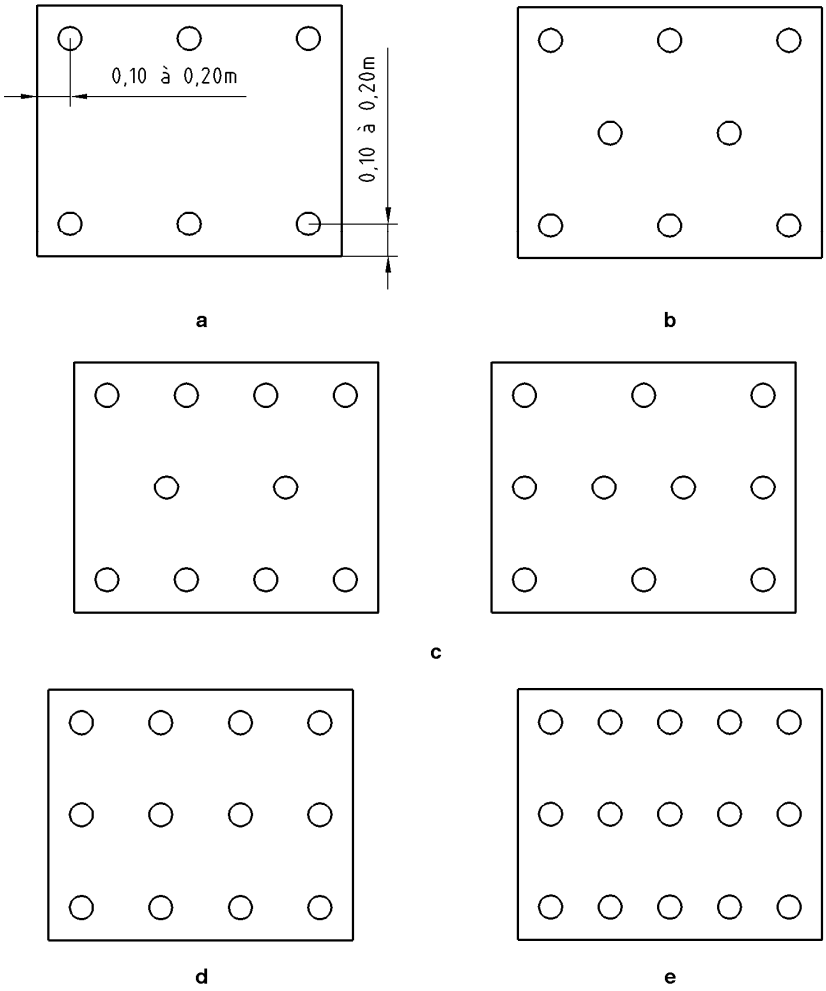
b. Toiture de hauteur > 20 m :

Pour les bâtiments de hauteur supérieure à 20 m, il y a lieu de se référer aux Documents Techniques d'Application [4] des panneaux isolants.

4)
Ou son/leur équivalent dans les conditions indiquées dans l'avant-propos.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/



Légende

a 5 fixations par mètre carré soit 6 fixations par panneau 1,20 m × 1,00 m

b 6 fixations par mètre carré soit 8 fixations par panneau 1,20 m × 1,00 m

c 8 fixations par mètre carré soit 10 fixations par panneau 1,20 m × 1,00 m

d 10 fixations par mètre carré soit 12 fixations par panneau 1,20 m × 1,00 m

e 12 fixations par mètre carré soit 15 fixations par panneau 1,20 m × 1,00 m

Figure 10 Exemples de répartition des fixations de panneaux isolants — Panneaux de dimensions 1,20 m × **1,00 m**

6.4.3.2.2 Isolation en plusieurs lits

a. Toiture de hauteur ≤ 20 m :

NOTE
Des dispositifs de butée peuvent permettre le collage à l'EAC sur des pentes supérieures à 40 %.

	Fixation des lits	
Lit inférieur	Une fixation mécanique centrale par panneau	Fixations mécaniques a)
Lit supérieur	Fixations mécaniques a)	EAC b)

a) Selon répartition et cas d'isolation en un seul lit (voir paragraphe 6.4.3.2.1).

b) Si le Document Technique d'Application 5) le prévoit et pour des pentes de versants ≤ 40 %.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Tableau 7 Fixation des isolants sous revêtements autoprotégés
(plusieurs lits — bâtiments h ≤ 20 m)

b. Toiture de hauteur > 20 m :

Pour les bâtiments de hauteur supérieure à 20 m, il y a lieu de se référer aux Documents Techniques d'Application [5] des panneaux isolants.

6.4.4 Mise en oeuvre des fixations mécaniques

La fixation est constituée d'une plaquette ou d'une rondelle et d'un élément de liaison entre cette rondelle et la tôle d'acier nervurée.

Différentes fixations peuvent être utilisées :

- rivets à expansion ;
- vis autoperceuses ;
- fixations à rupture thermique avec vis autoperceuses ;
- goujons soudés : cette fixation n'est utilisable que si la face supérieure des tôles d'acier nervurées est seulement galvanisée.

NOTE 1
Dans le cas de fixation des panneaux isolants aux tôles d'acier nervurées par l'intermédiaire de rivets ou de vis, il est inévitable que les extrémités de ces fixations apparaissent en sous-face des tôles d'acier nervurées.

NOTE 2
Le contrôle de sécurité de pose de goujons est fait de la manière suivante : la soudure des goujons est considérée comme satisfaisante si, lors d'un essai d'arrachement d'un goujon, la rupture ne se produit pas dans le plan de la soudure. Des essais de contrôle peuvent être effectués au recouvrement des tôles.

NOTE 3
La soudure du goujon peut provoquer un léger marquage en sous-face des tôles d'acier nervurées. La bonne réalisation de cet assemblage avec des tôles prélaquées en sous-face relève d'entreprises averties.

Dans le cas d'isolant recevant un revêtement d'étanchéité dont la première couche est soudée, il y a lieu de se reporter au Document Technique d'Application [5] de l'isolant en ce qui concerne le type de fixation à utiliser. La plaquette de répartition est alors située dans le plan supérieur de l'isolant (tolérance + 1 mm/- 4 mm) ce qui peut nécessiter des dispositions appropriées visées le cas échéant dans le Document Technique d'Application [5].

5)
Ou son/leur équivalent dans les conditions indiquées dans l'avant-propos.

NOTE 4
Le bon fonctionnement de ce type de procédé n'impose pas l'adhérence de l'étanchéité sur les plaquettes de répartition des fixations.

6.4.5 Cas particulier de la mise en oeuvre des panneaux isolants sur toitures de pente ≥ 100 % et de versant de longueur ≥ 5 m

Complémentairement aux dispositions du paragraphe 6.4.3.2 , les panneaux sont butés à l'égout sur un élément rigide continu préalablement fixé sur l'élément porteur avant ou après le pare-vapeur (voir figure 11).

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

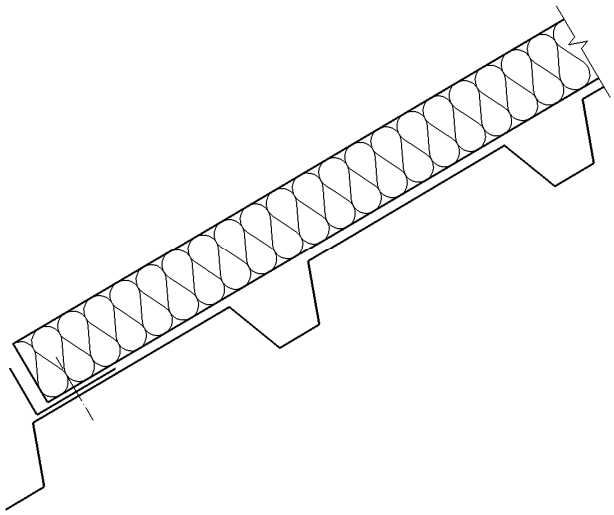


Figure 11 Butée des panneaux isolants (pente ≥ 100 %)

6.4.6 Cas particulier de mise en oeuvre des panneaux isolants sur toitures courbes

Le liaisonnement à l'élément porteur est réalisé par des fixations mécaniques seules, conformément aux dispositions du paragraphe 6.4.3.2 .

Le format des panneaux doit être adapté à la courbure de la toiture en satisfaisant à la relation suivante :

$L \leq \sqrt{\frac{R}{50}}$ pour les panneaux de laine minérale, perlite fibrée.

$L \leq \sqrt{\frac{R}{100}}$ pour les panneaux de verre cellulaire.

L : dimension des panneaux (en mètres) dans le plan de courbure.

R : rayon de courbure (en mètres).

Cette disposition peut être satisfaite :

- soit en réalisant des saignées sur une partie de l'épaisseur des panneaux, (dans ce cas « L » correspond à la distance entre saignées) ;
- soit en réduisant les dimensions des panneaux ;
- soit en associant ces deux méthodes.

NOTE
Les Documents Techniques d'Application [6] des panneaux isolants peuvent prévoir d'autres dispositions.

6)
Ou son/leur équivalent dans les conditions indiquées dans l'avant-propos.

6.4.7 Isolation thermique des reliefs

Voir paragraphe 7.5.5 .

6.5 Ouvrages d'étanchéité (parties courantes, noues, relevés, chéneaux) et de protection

6.5.1 Généralités sur les revêtements d'étanchéité

Les revêtements d'étanchéité visés par le présent document sont les suivants :

- asphalte ;
- système bicouche à base de bitume modifié par élastomère SBS faisant l'objet d'un Document Technique d'Application [7 8] ;

Les feuilles constituant le revêtement doivent se référer au même Document Technique d'Application [7 8].

En ce qui concerne les systèmes bicouches à base de bitume modifié par élastomère SBS, on se réfère dans le présent document à la performance I (indentation) du classement F.I.T.

NOTE
Ce classement permet de faire un choix qualitatif du système d'étanchéité adapté à un emploi déterminé, en se basant sur les critères de comportement de ce système vis-à-vis des sollicitations extérieures. Il est défini dans le cahier 2358

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

des « Cahiers du CSTB ».

6.5.2 Système de pose de revêtement en parties courantes

6.5.2.1 Système indépendant

Ce système de pose est applicable :

- au revêtement asphalte sur un support présentant une pente de 3 % ;
- au revêtement bicouche à base de bitume modifié par élastomère SBS sous protection lourde pour les toitures-terrasses plates (pente ≤ 5 %).

6.5.2.2 Système adhérent

Ce système de pose est applicable :

- quelle que soit la pente ;
- sur les panneaux isolants dont le Document Technique d'Application [7] [8] vise cette application ;

7)
Ou son/leur équivalent dans les conditions indiquées dans l'avant-propos.

8)
Ou Avis Technique.

- aux revêtements bicouches à base de bitume modifié par élastomère SBS.

6.5.3 Dispositions générales concernant la pose

6.5.3.1 Dispositions préalables à la pose

La pose des revêtements doit se faire sur des supports dont la siccité est convenable et la surface propre.

Aucun travail d'étanchéité ne doit être entrepris lorsque le support est à une température inférieure à + 2 °C.

Il est rappelé (voir paragraphe 6.4.2) que la pose de la première couche du revêtement d'étanchéité doit suivre celle des panneaux isolants.

6.5.3.2 Préparation sur chantier des produits appliqués à l'état de fusion (EAC)

La température de chauffage de l'EAC est de 220 °C ± 30 °C.

6.5.3.3 Pose des revêtements d'étanchéité en partie courante

6.5.3.3.1 Couche d'indépendance

Le recouvrement entre lés de la couche d'indépendance est de 0,10 m environ.

6.5.3.3.2 Revêtement asphalte

Les joints de reprise des couches successives d'asphalte doivent être décalés d'au moins 0,10 m les uns par rapport aux autres.

6.5.3.3.3 Revêtements bicouches à base de bitume modifié par élastomère SBS

6.5.3.3.3.1 Généralités

Les feuilles d'étanchéité constituant une même couche doivent être posées à recouvrement de 0,06 m minimum.

On distingue deux modes de pose :

- la pose à lits parallèles (les joints des deux couches successives ne doivent pas se superposer mais être décalés) ;
- la pose à lits croisés.

6.5.3.3.3.2 Systèmes avec EAC (repérés dans les tableaux ci-après C1, C2...)

Les feuilles d'étanchéité sont collées à l'EAC ou soudées en plein sur EAC. Pour la première couche des revêtements indépendants, seuls les recouvrements sont collés à l'EAC, ou soudés dans le cas de feuilles d'épaisseur ≥ 2,5 mm.

Les faces des feuilles d'étanchéité présentant un film plastique ne doivent pas être collées à l'EAC sauf si ce film est prévu pour cet usage.

6.5.3.3.3.3 Systèmes sans EAC (repérés dans les tableaux ci-après S1, S2...)

Les feuilles d'étanchéité sont soudées en plein.

Pour la première couche des revêtements indépendants, seuls les recouvrements sont soudés.

6.5.4 Composition des revêtements en parties courantes sur toitures-terrasses plates (pente de 3 % à 5 %, limites incluses)

Les revêtements appliqués en noues sont identiques à ceux des parties courantes.

Les revêtements sont décrits à partir de la couche en contact avec le support.

6.5.4.1 Asphalte

6.5.4.1.1 Limitation d'emploi

Ce revêtement ne peut être appliqué que sur un support de pente 3 % (voir paragraphe 6.5.2.1) et dont la portée maximale a été déterminée avec majoration de la charge descendante de calcul (voir paragraphe 6.2.2.1.1.3).

6.5.4.1.2 Couche d'indépendance

Elle est constituée d'une double couche de papier kraft ou d'une feuille de papier entre-deux sans fil.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

6.5.4.1.3 Composition proprement dite du revêtement

Le revêtement asphalte comprend :

- une couche d'asphalte coulé pur, étanchéité AP1, de 5 mm d'épaisseur,
- une couche d'asphalte coulé sablé, étanchéité AS1, de 15 mm d'épaisseur.

Masse totale au mètre carré : 45 kg environ.

Ce revêtement reçoit une protection lourde.

6.5.4.2 Revêtements bicouches à base de bitume modifié par élastomère SBS

La résistance minimale à l'indentation I des systèmes (poinçonnements statique et dynamique), telle que définie par le classement F.I.T. , est indiquée dans les tableaux ci-après.

6.5.4.2.1 En système indépendant

Ce revêtement reçoit obligatoirement une protection lourde.

6.5.4.2.1.1 Couche d'indépendance

Elle est constituée d'un écran voile de verre.

6.5.4.2.1.2 Composition proprement dite du revêtement

Les revêtements sont décrits à partir de la couche en contact avec le support.

Type d'ouvrage	Classement I	Systèmes avec EAC	Systèmes sans EAC
Terrasses sous protection lourde meuble (y compris aires ou chemins de circulation)	I3	(C1) — Écran VV 100 — Couche inférieure a) — EAC — Couche supérieure a)	(S1) — Écran VV 100 — Couche inférieure b) — Couche supérieure c) } d)
Zones techniques sous protection lourde dure	I4	(C2) — Écran VV 100 — Couche inférieure a) — EAC — Couche supérieure a)	(S2) — Écran VV 100 — Couche inférieure b) — Couche supérieure c) } d)

a) Son épaisseur minimale est de :

— 2,5 mm si elle possède une armature VV,

— 2,0 mm si elle possède une armature R3 ou R4 (armatures permettant d'obtenir le classement I3 ou I4 du système).

b) Son épaisseur minimale est de 2,5 mm.

c) Son épaisseur minimale est de 2,0 mm.

d) L'épaisseur totale minimale du complexe est de 5,0 mm.

Tableau 8 Toiture plate — Composition du revêtement bicouche bitume SBS système indépendant

6.5.4.2.2 En système adhérent

La mise en oeuvre des revêtements avec EAC sur panneaux isolants n'est possible que si ceux-ci ne comportent pas de surfaçage par film plastique.

Dans le cas de mise en oeuvre de revêtement sans EAC, les panneaux isolants sont aptes à recevoir des revêtements soudés et doivent bénéficier d'un Document Technique d'Application [9] [10] favorable pour cet usage. À défaut, les panneaux admettant le collage à chaud seront surfacés par EAC sur chantier avant soudage.

9)
Ou son/leur équivalent dans les conditions indiquées dans l'avant-propos.

10)
Ou Avis Technique.

6.5.4.2.2.1 Revêtement sous protection rapportée meuble ou dure

Les revêtements sont décrits à partir de la couche en contact avec le support.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Type d'ouvrage	Classement I	Systèmes avec EAC	Systèmes sans EAC
Terrasses sous protection lourde meuble (y compris aires ou chemins de circulation)	I3	(C3) — EAC — Couche inférieure [a)] — EAC — Couche supérieure [a)]	(S3) — Couche inférieure [b)] — Couche supérieure [c)] } d)
Zones techniques sous protection lourde dure	I4	(C4) — EAC — Couche inférieure [a)] — EAC — Couche supérieure [a)]	(S4) — Couche inférieure [b)] — Couche supérieure [c)] } d)

a) Son épaisseur minimale est de :

— 2,5 mm si elle possède une armature VV,

— 2,0 mm si elle possède une armature R3 ou R4 (armatures permettant d'obtenir le classement I3 ou I4 du système).

b) Son épaisseur minimale est de 2,5 mm.

c) Son épaisseur minimale est de 2,0 mm.

d) L'épaisseur totale minimale du complexe est de 5,0 mm.

Tableau 9 Toiture plate — Composition du revêtement bicouche bitume SBS système adhérent (sous protection lourde)

6.5.4.2.2.2 Revêtement autoprotégé

Les revêtements sont décrits à partir de la couche en contact avec le support.

Type d'ouvrage	Classement I	Systèmes avec EAC	Systèmes sans EAC
Cas général	I2	(C5) — EAC — Couche inférieure [a)] — EAC — Couche supérieure avec autoprotection minérale [c)]	(S5) — Couche inférieure [b)] — Couche supérieure avec autoprotection minérale [c)] } d)
Cas particulier du support composé de panneaux de laine minérale de résistance thermique > 2 m^2.K/W	I3	(C6) — EAC — Couche inférieure [a)] — EAC — Couche supérieure avec autoprotection minérale [c)]	(S6) — Couche inférieure — Couche supérieure avec autoprotection minérale } d)

(à suivre)

Tableau 10 Toiture plate — Composition du revêtement bicouche bitume SBS système adhérent (autoprotection)

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Type d'ouvrage	Classement I	Systèmes avec EAC	Systèmes sans EAC
Zones techniques [f)]	I4	(C7) — EAC — Couche inférieure [a)] — EAC — Couche supérieure avec autoprotection minérale [c)]	(S7) — Couche inférieure — Couche supérieure avec autoprotection minérale } d)
Aires et chemins de circulation	I4	(C7) ou (C5) + feuille avec autoprotection minérale [e)]	(S7) ou (S5) + feuille avec autoprotection minérale [e)]
Aires et chemins de circulation : cas particulier du support composé de laine minérale de résistance thermique > 2 m².K/W	I4	(C7) ou (C6) + feuille avec autoprotection minérale [e)]	(S7) ou (S6) + feuille avec autoprotection minérale [e)]

a) Son épaisseur minimale est de :

— 2,5 mm si elle possède une armature VV,

— 2,0 mm si elle possède une armature R3 ou R4 (armatures permettant d'obtenir le classement I3 ou I4 du système).

b) Son épaisseur minimale est de 2,5 mm.

c) Son épaisseur minimale est de 2,0 mm.

d) L'épaisseur totale minimale du complexe est de 5,0 mm.

e) La feuille à base de bitume modifié par élastomère SBS avec armature R4, de couleur différente de celle des parties courantes, est appliquée par soudage.

f) Ces zones peuvent être traitées comme les aires ou chemins de circulation.

Tableau 10 Toiture plate — Composition du revêtement bicouche bitume SBS système adhérent (autoprotection) (fin)

6.5.5 Composition des revêtements sur toitures inclinées (pente > 5 %)

6.5.5.1 Revêtements bicouches à base de bitume modifié par élastomère SBS

Les revêtements appliqués en noues sont identiques à ceux des parties courantes (voir figure 12).

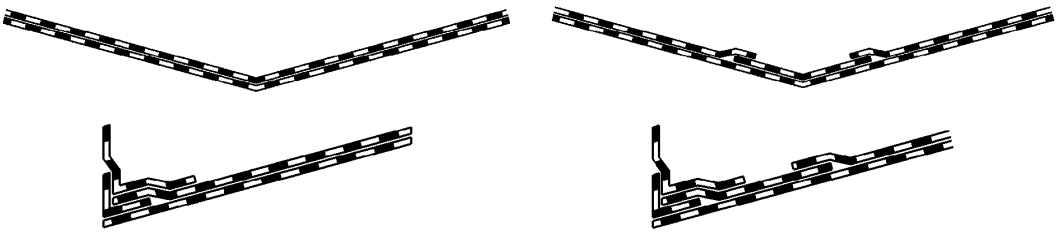


Figure 12 Toitures inclinées — Revêtements bicouches bitume SBS (exemples)

Dans le cas de mise en oeuvre de revêtement avec EAC, les panneaux isolants :

- ne comporteront pas de surfaçage par film plastique ;
- auront une résistance thermique utile ≤ 2 m².K/W.

Dans le cas de mise en oeuvre de revêtement sans EAC, les panneaux isolants sont aptes à recevoir des revêtements soudés et doivent bénéficier d'un Document Technique d'Application [11] favorable pour cet usage. À défaut, et seulement si leur résistance thermique est ≤ 2 m².K/W, les panneaux admettant le collage à chaud seront surfacés par EAC sur chantier avant soudage.

La résistance minimale à l'indentation I des systèmes (poinçonnement statique et dynamique), telle que définie par le

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

classement F.I.T. , est indiquée dans le tableau ci-après.
Les revêtements sont décrits à partir de la couche en contact avec le support.

Type d'ouvrage	Classement I	Systèmes avec EAC	Systèmes sans EAC
Support de résistance thermique ≤ 2 m^2.K/W	I2	(C5) — EAC — Couche inférieure a) — EAC — Couche supérieure avec autoprotection minérale c)	(S5) — Couche inférieure b) — Couche supérieure avec autoprotection minérale c) } d)
Support de résistance thermique > 2 m^2.K/W Cas général	I2	Non admis	
Support de résistance thermique > 2 m^2.K/W Cas des laines minérales	I3	Non admis	(S6) — Couche inférieure b) — Couche supérieure avec autoprotection minérale c) } d)

a) Son épaisseur minimale est de :
— 2,5 mm si elle possède une armature VV,
— 2,0 mm si elle possède une armature R3 ou R4 (armatures permettant d'obtenir le classement I3 ou I4 du système).
b) Son épaisseur minimale est de 2,5 mm.
c) Son épaisseur minimale est de 2,0 mm.
d) L'épaisseur totale minimale du complexe est de 5,0 mm.

Tableau 11 Toiture inclinée — Composition du revêtement bicouche bitume SBS

6.5.5.2 Dispositions particulières aux aires ou chemins de circulation dans le cas de revêtements autoprotégés

Ces aires ou chemins doivent être traités de façon identique aux parties courantes avec application complémentaire par soudage d'une feuille de bitume modifié par élastomère SBS avec armature R4, autoprotégée par granulat minéral. Cette feuille, de couleur différente de celle des parties courantes, relève d'un Document Technique d'Application [11] [12].

11)
Ou son/leur équivalent dans les conditions indiquées dans l'avant-propos.

12)
Ou Avis Technique.

6.5.5.3 Dispositions particulières pour les toitures de forte pente

Ces dispositions s'appliquent pour des pentes :

- > 20 % dans le cas de revêtements bicouches à base de bitume modifié par élastomère SBS avec EAC ;
- > 40 % dans le cas de revêtements bicouches à base de bitume modifié par élastomère SBS sans EAC. Toutefois, dans le cas de soudage sur un isolant préalablement surfacé à l'EAC sur chantier, ces dispositions s'appliquent à partir de 20 %.

Dans le cas de pente supérieure à 100 %, soit le revêtement comporte une armature R3 ou R4, soit la longueur des lés est limitée à 5 m.

Les têtes de lés de la dernière couche du revêtement d'étanchéité sont fixées avec interposition de rondelles ou plaquettes à raison d'une fixation tous les 0,20 m.

Les têtes de lés d'étanchéité dépassent l'axe des fixations d'au moins 0,05 m. Le lé supérieur recouvre les fixations avec un minimum de 0,06 m au-delà du bord inférieur de la plaquette.

La fixation se fait soit par vis autoperceuses, soit par rivets à expansion.

6.5.6 Etanchéité des ouvrages particuliers

6.5.6.1 Relevés d'étanchéité

6.5.6.1.1 Dispositions générales

Les supports du relevé sont constitués :

- soit d'une costière en tôle d'acier galvanisée (voir paragraphe 7.5.4) ;

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

- soit de panneaux isolants (voir paragraphe 7.5.5).

Les revêtements appliqués en relevés sont toujours en système adhérent.

Les revêtements d'étanchéité en relevés, y compris les équerres de renfort, sont distincts des revêtements en feuille des parties courantes avec lesquelles ils se raccordent à la base par recouvrement soudé ou collé.

Les éléments en feuilles des relevés sont appliqués par longueur maximale de 1 m avec recouvrement latéral de 0,06 m minimum.

Les équerres de renfort peuvent présenter une longueur supérieure.

6.5.6.1.2 Composition des relevés

Les complexes d'étanchéité définis ci-dessous sont fixés aux costières en tôle d'acier galvanisée, lorsque le support du relevé est constitué de panneaux isolants non porteurs de hauteur > 0,30 m.

Ces fixations, réalisées par vis autoperceuses ou rivets à expansion avec plaquettes, sont disposées en tête des relevés d'étanchéité à raison de quatre par mètre, situées à 30 mm minimum du haut du lé, et protégées des eaux de ruissellement. On peut tenir compte de ces fixations pour le maintien des panneaux isolants (fixations hautes prévues au paragraphe 7.5.5.2.2).

Autoprotection minérale	Autoprotection métallique
— Une couche d'EIF [a)] — Une couche d'EAC [b)] — Une équerre de renfort de 0,25 m de développé en bitume modifié par élastomère SBS [c), d)] — Une feuille de bitume élastomérique 35 autoprotégée par granulats minéraux soudée sur toute la hauteur du relief avec talon de 0,15 m minimum en partie horizontale ou — Une feuille de bitume élastomère SBS autoprotégée par granulats minéraux soudée sur toute la hauteur du relief avec talon de 0,15 m minimum en partie horizontale [e)]	— Une couche d'EIF [a)] — Une couche d'EAC [b)] — Une équerre de renfort de 0,25 m de développé en bitume modifié par élastomère SBS [c), d)] — Une feuille de bitume élastomérique 35 autoprotégée par feuille métallique soudée sur toute la hauteur du relief avec talon de 0,15 m minimum en partie horizontale ou — Une feuille de bitume élastomère SBS autoprotégée par feuille métallique soudée sur toute la hauteur du relief avec talon de 0,15 m minimum en partie horizontale [e)]
a) Uniquement sur costière métallique. *b) La couche d'EAC est facultative sauf dans le cas de panneaux isolants dont le Document Technique d'Application [13)] l'impose.* *c) L'équerre de renfort doit présenter des ailes de 0,10 m minimum.* *d) La feuille de bitume modifié par élastomère SBS doit être visée favorablement dans le Document Technique d'Application [13) 14)].* *e) La feuille de bitume modifiée par élastomère SBS autoprotégée par granulats minéraux ou par feuille métallique doit être visée favorablement dans le Document Technique d'Application [13) 14)].*	

Tableau 12 Composition des relevés

6.5.6.2 Revêtement d'étanchéité des chéneaux (voir paragraphe 5.2.3)

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Fond de chéneau		Parois latérales
	Classement I	
— Une couche d'EIF [a)] — Une couche d'EAC [b)] — Une feuille de bitume modifié par élastomère SBS [c)] — Une feuille de bitume élastomère SBS autoprotégée par granulats minéraux ou par feuille métallique [d)]	I3	— Une couche d'EIF [a)] — Une couche d'EAC [b)] — Une feuille de bitume modifié par élastomère SBS soudée ou collée sur toute la hauteur avec talon de 0,10 m sur la partie horizontale [c)] — Une feuille de bitume élastomère SBS autoprotégée par granulats minéraux ou par feuille métallique avec talon de 0,15 m minimum sur la dernière couche du revêtement du fond de chéneau [d)]
a) Uniquement sur costière métallique. *b) La couche d'EAC est facultative sauf dans le cas de panneaux isolants dont le Document Technique d'Application [13)] l'impose.* *c) La feuille de bitume modifié par élastomère SBS doit être visée favorablement dans le Document Technique d'Application [13) 14)].* *d) La feuille de bitume modifié par élastomère SBS autoprotégée par granulats minéraux ou par feuille métallique doit être visée favorablement dans le Document Technique d'Application [13) 14)].*		

13) Ou son/leur équivalent dans les conditions indiquées dans l'avant-propos.

14) Ou Avis Technique.

Tableau 13 Composition de revêtement en chéneaux

Sur les parois verticales, les éléments en feuille sont appliqués par bandes de largeur au plus égale à 1 m.

Dans le cas de chéneau de faible section, chaque couche du revêtement du fond et des parois latérales peut être réalisée transversalement à partir d'une même feuille.

Les complexes d'étanchéité appliqués sur parois latérales définis ci-dessus doivent être fixés mécaniquement aux supports lorsque la hauteur du revêtement dépasse 0,30 m sur isolant, ou 0,60 m sans isolant.

Ces fixations sont réparties en tête des relevés d'étanchéité à raison de quatre par mètre, situées à 30 mm minimum du haut du lé.

6.5.7 Protection des revêtements d'étanchéité

Les protections lourdes doivent être exécutées dès que possible et, en tout cas, dès la fin de l'exécution des revêtements d'étanchéité.

La mise en place d'équipements lourds fait l'objet d'une étude particulière, non visée par le présent document. Il est rappelé que les charges des équipements disposés sur les toitures doivent être reportées sur l'ossature.

6.5.7.1 Toitures terrasses plates (pente 3 % à 5 %)

6.5.7.1.1 *Revêtement asphalte (voir paragraphe 6.5.4.1) (pente 3 %)*

6.5.7.1.1.1 Toitures inaccessibles : protection rapportée meuble

Elle est assurée par une couche de granulats courants, roulés ou concassés, de 0,04 m d'épaisseur minimale, de granularité comprise entre 5 mm et une dimension au plus égale aux 2/3 de l'épaisseur de la protection.

Dans le cas où le bâtiment est :

- de hauteur supérieure à 28 m en zone 1 tous sites ou zone 2 site normal ;
- ou de hauteur supérieure à 20 m en zone 2 site exposé ou zone 3 site normal ;
- ou, quelle que soit sa hauteur, en zone 3 site exposé ou zone 4 tous sites ;

la protection est complétée, sur 2 m de largeur au pourtour de la toiture-terrasse et des édicules, par des dalles posées à sec :

- soit directement sur les granulats ;
- soit sur un écran synthétique de désolidarisation.

NOTE
La granularité est choisie la plus élevée possible.

6.5.7.1.1.2 Toitures à aires ou chemins de circulation et zones techniques : protection rapportée dure

Elle est assurée par des dalles préfabriquées en béton posées à sec, à joints secs, sur couche de désolidarisation.

NOTE
L'usage de ces aires, chemins ou zones, n'impose généralement pas le respect de tolérances précises telles que planéité, alignement des joints, désaffleur entre dalles... Ce type de protection peut subir des désorganisations qui peuvent être corrigées par un entretien adapté.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Une largeur de deux dalles de 0,40 m est généralement admise pour constituer un chemin de circulation.

Couche de désolidarisation :

Elle est constituée par :

- soit la protection lourde meuble des parties traitées en toiture inaccessible ;
- soit un écran synthétique de désolidarisation.

6.5.7.1.2 Revêtements à base de bitume modifié par élastomère SBS (voir paragraphe 6.5.4.2) (pente 3 % à 5 %)

6.5.7.1.2.1 Toitures inaccessibles : protection rapportée meuble ou autoprotection

Dans le cas de revêtement recevant une protection rapportée meuble (voir paragraphes 6.5.4.2.1 et 6.5.4.2.2.1), cette dernière est assurée par une couche de granulats, conformément au paragraphe 6.5.7.1.1.1 .

Dans le cas de revêtement autoprotégé (voir paragraphe 6.5.4.2.2.2), la protection est assurée par l'autoprotection du revêtement.

6.5.7.1.2.2 Aires ou chemins de circulation et zones techniques : protection rapportée dure ou autoprotection

Dans le cas de revêtement recevant une protection rapportée (voir paragraphes 6.5.4.2.1 et 6.5.4.2.2.1), cette dernière est assurée par des dalles préfabriquées, conformément au paragraphe 6.5.7.1.1.2 .

Dans le cas de revêtement autoprotégé (voir paragraphe 6.5.4.2.2.2), la protection est assurée par l'autoprotection du revêtement.

6.5.7.2 Toitures inclinées (pente > 5 %) (voir paragraphe 6.5.5) : autoprotection

La protection est assurée par l'autoprotection du revêtement.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

7 Ouvrages particuliers

7.1 Nomenclature

Les ouvrages particuliers comprennent :

- les noues et chéneaux (voir paragraphe 7.2) ;
- les faîtages, arêtiers et divers changements de pente (voir paragraphe 7.3) ;
- les bandes métalliques reliées à l'étanchéité (rives, égouts, faîtages simples...) (voir paragraphe 7.4) ;
- les reliefs (voir paragraphe 7.5) ;
- les joints de dilatation de la structure porteuse (voir paragraphe 7.6) ;
- les lanterneaux, exutoires de fumées, aérateurs... (voir paragraphe 7.7) ;
- les dispositifs d'évacuation des eaux pluviales (EP, TP...) (voir paragraphe 7.8) ;
- les traversées de toiture (ventilations, potelets...) (voir paragraphe 7.9).

7.2 Noues et chéneaux

7.2.1 Noues

7.2.1.1 Généralités

Il est rappelé (voir paragraphes C.2.3.2.2 et C.2.3.2.3) que les tôles d'acier nervurées reposent sur :

- un appui unique lorsque l'angle formé par la rencontre des deux versants est ≥ 174° [figures C.9a) et C.12b)] ;
- deux appuis lorsque l'angle formé par la rencontre des deux versants est < 174° [figures C.9 b) et C.12 c)].

7.2.1.2 Noues centrales et noues traditionnelles

Une tôle de liaison en acier galvanisée, de 0,75 mm d'épaisseur nominale, de 0,20 m de développé, pliée au centre, fixée sur chaque aile sur les tôles d'acier nervurées tous les 0,50 m :

- est nécessaire si l'angle formé par la rencontre des deux versants est < 174° ;
- n'est pas nécessaire si les tôles d'acier nervurées sont emboîtées et si l'angle formé par la rencontre des deux versants est ≥ 174°.

Il est possible, lorsque les tôles d'acier nervurées sont posées parallèlement à la noue et lorsque l'angle formé par la rencontre des deux versants est > 174°, de plier la tôle d'acier nervurée sans la couper à l'endroit de la ligne des changements de pente. Dans ce cas la tôle de liaison n'est pas nécessaire.

> NOTE
> Un angle de 174° correspond, par exemple, à la rencontre de deux versants de pente 5 %.

Le revêtement d'étanchéité des noues centrales :

- pour les toitures de pentes comprises entre 3 % et 5 %, est identique à celui des parties courantes (voir paragraphe 6.5.4) ;
- pour les toitures de pentes > 5 %, est défini au paragraphe 6.5.5 .

7.2.1.3 Noues de rive

Elles sont réalisées avec costières, conformément aux dispositions du paragraphe 7.5 .

La hauteur minimale des relevés en noue de rive et abouts est de :

- 0,15 m dans le cas de versants de pente ≤ 20 % ;
- 0,25 m dans le cas de versants de pente > 20 %.

La hauteur maximale des costières supports de relevé est définie au paragraphe 7.5.4.2 .

Il est rappelé que :

- dans le cas des tôles d'acier nervurées perpendiculaires à la noue, la distance maximale entre le nu extérieur de la structure d'appui et le fil d'eau est fonction de l'implantation des entrées d'eaux pluviales : 0,05 m ou 0,20 m suivant les cas (voir paragraphe C.2.3.3.1.1) ;
- dans le cas où les tôles d'acier nervurées parallèles à la noue sont coupées longitudinalement, la nervure doit être reconstituée, l'assemblage étant assuré par couturage tous les 0,50 m environ (voir paragraphe 6.2.3).

Le revêtement d'étanchéité des noues de rive :

- pour les toitures de pentes comprises entre 3 % et 5 %, est identique à celui des parties courantes (voir paragraphe 6.5.4) ;
- pour les toitures de pentes > 5 %, est défini au paragraphe 6.5.5 .

7.2.2 Chéneaux en encorbellement

Il est rappelé (voir paragraphe 5.2.3) que les chéneaux sont des ouvrages exceptionnels pour ce type de toiture, sachant que celle-ci se prête mieux à la réalisation de noues.

Lorsqu'ils sont malgré tout prévus, ils sont réalisés selon les techniques de couverture (voir NF DTU de la série 40) ou d'étanchéité (voir NF DTU de la série 43) en désolidarisant le revêtement d'étanchéité des parties courantes de celui des chéneaux.

7.3 Faîtages, arêtiers et divers changements de pente

Il est rappelé (voir paragraphes C.2.3.2.1 et C.2.3.2.3) que les tôles d'acier nervurées reposent sur :

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

- un appui unique lorsque l'angle formé par la rencontre des deux versants est ≤ 186° [figures C.8a) et C.13a)] ;
- deux appuis lorsque l'angle formé par la rencontre des deux versants est > 186° [figures C.8 b) et C.13 b)].

Une tôle de liaison en acier galvanisé de 0,75 mm d'épaisseur nominale, en 0,20 m de développé, pliée au centre, fixée sur chaque aile sur les tôles d'acier nervurées tous les 0,50 m :

- est nécessaire dans tous les cas lorsque l'angle formé par la rencontre des deux versants est > 186° ;
- est nécessaire si les tôles d'acier nervurées ne sont pas emboîtées ;
- n'est pas nécessaire si les tôles d'acier sont emboîtées et l'angle formé par la rencontre des deux versants est ≤ 186°.

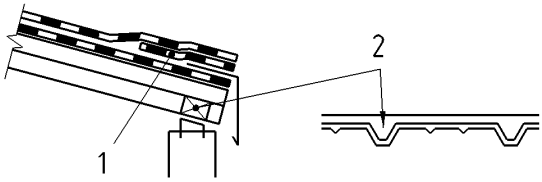
Pour les faîtages et divers changements de pente, il est possible, lorsque les tôles d'acier nervurées sont posées parallèlement au faîtage et lorsque l'angle formé par la rencontre des deux versants est ≤ 186°, de plier une tôle d'acier nervurée sans la couper à l'endroit de la ligne des changements de pente.

Dans ce cas, la tôle de liaison n'est pas nécessaire.

NOTE
Un angle de 186° correspond, par exemple, à la rencontre de deux versants de pente 5 %.

7.4 Bandes métalliques reliées à l'étanchéité (rives, égouts, faîtages simples…)

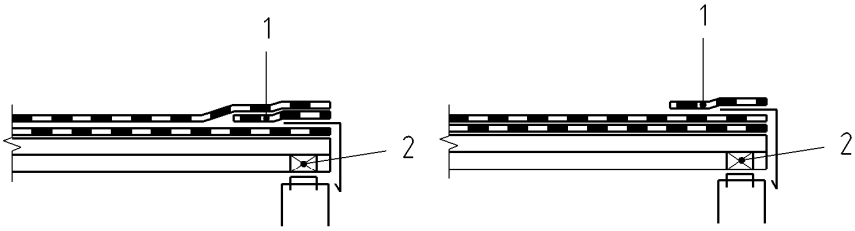
Cas des revêtements d'étanchéité autoprotégés : les bandes métalliques reliées aux revêtements d'étanchéité présentent une retombée. Un closoir supérieur est prévu entre les tôles d'acier nervurées et l'isolant (figures 13 et 14).



Légende

1 Bande complémentaire d'étanchéité
2 Closoir

Figure 13 Bandes métalliques reliées à l'étanchéité — Egout avec revêtement d'étanchéité autoprotégé



Légende

1 Bande complémentaire d'étanchéité
2 Closoir

Figure 14 Bandes métalliques reliées à l'étanchéité — Rive ou faîtage simple avec revêtement d'étanchéité autoprotégé

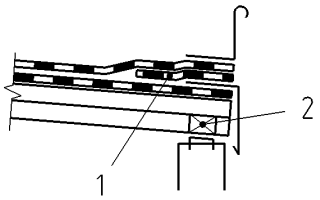
Les dispositifs de calfeutrement à l'air entre la paroi verticale et la sous-face des tôles d'acier nervurées sont définis par les Documents Particuliers du Marché.

Cas de revêtements d'étanchéité avec protection lourde meuble :

- les rives et faîtages simples doivent être réalisés avec costières et relevés d'étanchéité (voir paragraphe 7.5) ;
- seuls les égouts peuvent être réalisés avec une bande métallique prise dans le revêtement d'étanchéité et présentant une retombée ; dans ce cas la protection lourde est arrêtée par une galerie garde-grève ajourée, par des carreaux d'asphalte, par briques pleines ou tout procédé équivalent permettant l'écoulement de l'eau. Les dispositions concernant le closoir supérieur et le calfeutrement à l'air sont identiques à celles visées ci-dessus (figure 15).

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/



Légende

1 Bande complémentaire d'étanchéité

2 Closoir

Figure 15 Bandes métalliques reliées à l'étanchéité — Egout avec revêtement d'étanchéité sous protection lourde

7.4.1 Caractéristiques des bandes métalliques

7.4.1.1 Epaisseur

Leur épaisseur minimale est donnée ci-après :

- acier galvanisé ou inox : e ≥ 0,75 mm ;
- zinc : e≥ 0,65 mm ;
- aluminium : e ≥ 0,80 mm ;
- cuivre : e ≥ 0,50 mm.

7.4.1.2 Longueur des bandes

La longueur maximale unitaire de chaque bande est environ de :

- 2 m pour l'acier (galvanisé ou inox) ;
- 1 m pour le zinc, l'aluminium et le cuivre.

Le recouvrement entre bandes est de 0,10 m minimum.

7.4.1.3 Largeur de l'aile insérée dans le revêtement d'étanchéité

— 0,10 m minimum.

7.4.1.4 Retombée

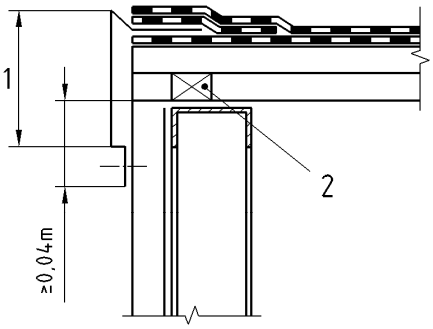
Si la bande comporte une retombée libre, celle-ci n'excède pas :

- 0,15 m dans le cas de la tôle d'acier ;
- 0,10 m dans le cas du zinc, de l'aluminium ou du cuivre.

Si la bande comporte une retombée fixée ou maintenue (voir paragraphe 7.4.2.2), celle-ci n'excède pas :

- 0,30 m dans le cas d'acier ;
- 0,20 m dans le cas du zinc, de l'aluminium ou du cuivre.

Dans tous les cas, le recouvrement de la retombée par rapport à la partie inférieure des tôles d'acier nervurées est de 0,04 m minimum (voir figure 16).



Légende

1 Retombée

2 Closoir

Figure 16 Bandes métalliques reliées à l'étanchéité — Recouvrement de la retombée

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

7.4.2 Fixation des bandes métalliques

7.4.2.1 Fixation de l'aile insérée dans le revêtement d'étanchéité

Les bandes sont fixées mécaniquement aux tôles d'acier nervurées à travers l'isolant, par vis autoperceuses, ou rivets à expansion.

L'intervalle des fixations est d'environ 0,33 m, dont une au moins au droit de chaque recouvrement.

7.4.2.2 Fixation de la retombée

Lorsque la retombée (figure 16) dépasse 0,15 m dans le cas de l'acier ou 0,10 m dans les autres cas, celle-ci est obligatoirement fixée ou maintenue tous les 0,33 m environ, dont une fixation au moins au droit du recouvrement.

7.4.3 Raccordement au revêtement d'étanchéité

NOTE
Les bandes métalliques non insérées dans le revêtement d'étanchéité ne sont pas visées par le présent document.

La partie de la bande destinée à être insérée dans le revêtement d'étanchéité présente une largeur minimale de 0,10 m et est enduite d'EIF.

La bande de métal est insérée entre deux couches de matériaux d'étanchéité. Au droit de cette bande le revêtement d'étanchéité doit comporter trois couches. À cet effet, il est rapporté une bande complémentaire raccordée au revêtement (exemples de raccordement donnés en figures 13, 14 et 15).

7.5 Reliefs

7.5.1 Généralités

Les reliefs doivent être solidaires de l'élément porteur en tôle d'acier nervurée. Ils sont constitués de costières éventuellement revêtues de panneaux isolants.

Les costières sont traitées au paragraphe 7.5.4 .

L'isolation thermique est traitée au paragraphe 7.5.5 .

Les relevés d'étanchéité sont traités au paragraphe 6.5.6.1 .

7.5.2 Hauteur des reliefs

Voir figure 17 avec, dans tous les cas d ≥ 0,04 m.

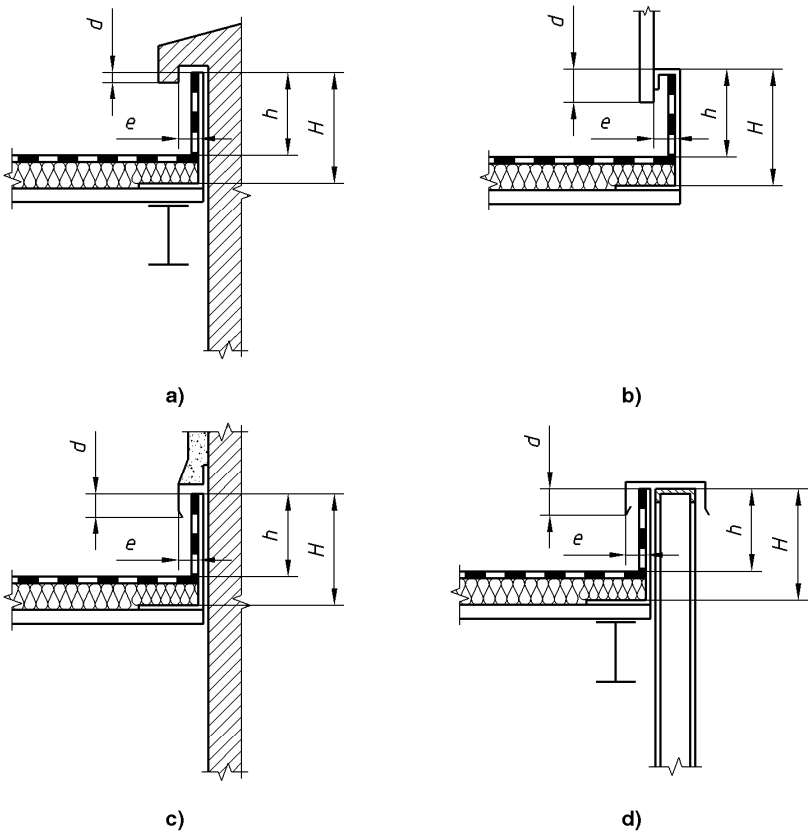
La hauteur H des reliefs doit permettre une hauteur minimale h des relevés d'étanchéité de 0,15 m au-dessus de la protection des parties courantes.

Cette hauteur est plus importante dans le cas de noues de rive ; elle est définie au paragraphe 7.2.1.3 .

La hauteur maximale des costières support de relevé d'étanchéité est définie au paragraphe 7.5.4.2 . Dans le cas de partie verticale de hauteur supérieure on procédera alors à la mise en oeuvre d'un contre-bardage.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/



d ≥ 0,04 m

e ≥ épaisseur isolant + 0,04 m [figures 17a) et 17b)] ou

e ≥ épaisseur isolant + 0,01 m [figures 17 c) et 17d)]

Figure 17 Reliefs — Hauteur et forme de la partie supérieure

7.5.3 Forme des reliefs

Ils doivent comporter, à leur partie supérieure, un dispositif qui écarte l'eau ruisselant sur les éléments placés au-dessus d'eux, afin d'éviter l'introduction d'eau derrière le relevé d'étanchéité. La partie du dispositif faisant larmier doit présenter un recouvrement d'au moins 0,04 m et être en saillie de 0,04 m minimum par rapport au support d'étanchéité, à l'exclusion des bandes de solin et des couronnements d'acrotère pour lesquels la saillie peut être limitée à 0,01 m (voir figure 17).

7.5.4 Costières

7.5.4.1 Généralités

Les costières (éventuellement revêtues de panneaux isolants) faisant office de support de relevé d'étanchéité sont en tôles d'acier galvanisé ou protégé contre la corrosion. Des costières préfabriquées en matériaux différents peuvent être utilisées (voir la norme NF DTU 43.3 P1-2).

Les costières doivent être solidaires des tôles d'acier nervurées.

NOTE 1

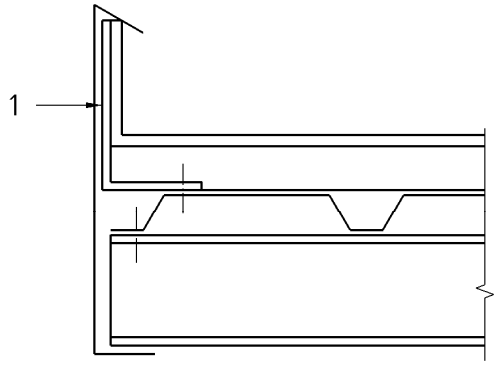
Il est rappelé (voir paragraphe C.2.3.3.2) qu'un appui continu est indispensable en partie haute, en l'absence de contre-bardage.

NOTE 2

Les costières non solidaires des tôles d'acier nervurées ne peuvent faire office de support de relevé d'étanchéité et doivent être doublées par des costières conformes à l'une des dispositions ci-après (voir figure 18).

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/



Légende

1 Costière solidaire des tôles d'acier nervurées

Figure 18 Doublage d'une costière non solidaire des tôles d'acier nervurées

Cette exigence peut être satisfaite :

a. Soit en rapportant une costière sur les tôles d'acier nervurées de partie courante (cas général, figure 19). Les costières doivent se recouvrir entre elles de 0,04 m au moins.

Figure 19 Costière fixée directement à la tôle d'acier nervurée

Les fixations aux tôles d'acier nervurées (voir figure 20) s'effectuent en quinconce, au moins tous les 0,50 m dont une au droit des recouvrements.

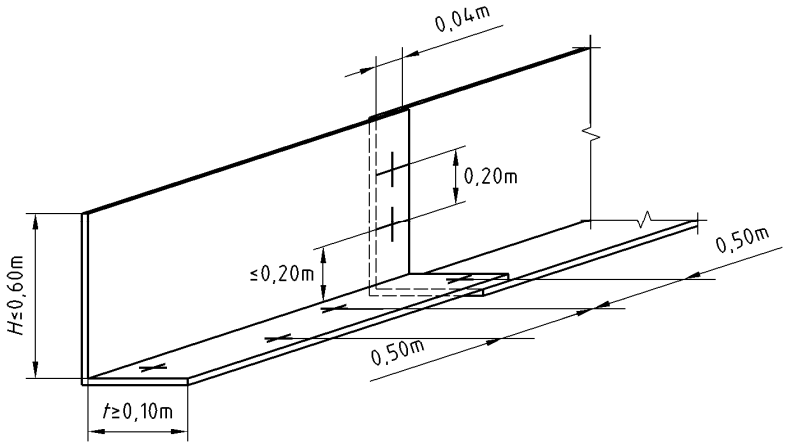


Figure 20 Costières fixées sur les tôles d'acier nervurées — Recouvrement et fixations

Les recouvrements des ailes verticales sont couturés à raison d'une fixation au moins tous les 0,20 m.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Lorsque les costières atteignent ou dépassent une hauteur de 0,30 m au-dessus du niveau supérieur des tôles d'acier nervurées, une fixation en tête de ces costières est obligatoire tous les mètres.

La fixation en tête n'est pas exigée lorsque la costière jouxte un ouvrage en maçonnerie.

b. Soit en rapportant une costière sur l'appui des tôles d'acier nervurées (voir figure 21) (exemple : costières de lanterneau ponctuel).

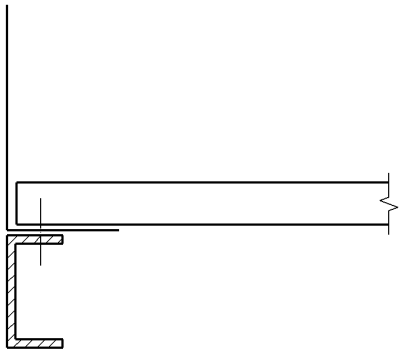


Figure 21 Costière fixée en continu entre la tôle d'acier nervurée et son support

La fixation de cette costière s'effectue par l'intermédiaire des fixations des tôles d'acier nervurées de partie courante.

Les recouvrements et leurs couturages sont réalisés comme ci-dessus, ainsi que la fixation éventuelle en tête de costière.

c. Soit avec des costières autoportantes (de panne à panne) sur lesquelles sont fixées les tôles d'acier nervurées de partie courante (figure 22) (exemple : costières de lanterneau filant).

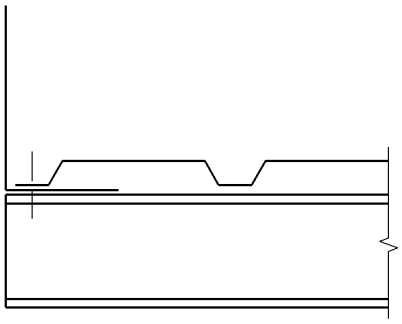


Figure 22 Costière autoportante entre appuis des tôles d'acier nervurées

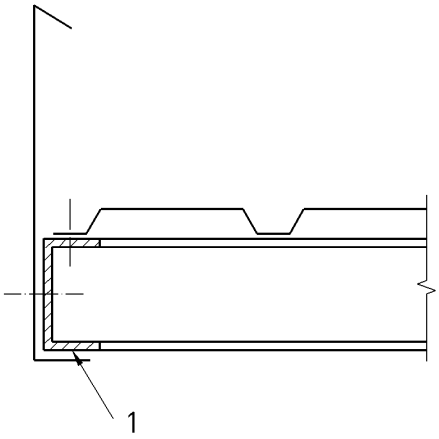
Les différents éléments de costières doivent être solidaires entre eux et ne pas présenter d'aspérités importantes (boulons, raidisseurs,…).

Le dimensionnement de ces costières (épaisseur, hauteur) doit tenir compte des charges transmises par l'élément porté et par les tôles d'acier nervurées qui se trouvent en appui sur ces costières.

d. Soit avec des costières intégrées à l'ossature, lorsqu'elles sont solidaires d'un appui continu des tôles d'acier nervurées permettant leur solidarisation avec ces dernières (figure 23) (exemple : costières d'auvent).

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/



Légende

1 Appui continu

Figure 23 Costière solidaire d'un appui continu des tôles d'acier nervurées

Il est admis de relever l'étanchéité directement sur ces costières à condition qu'elles ne comportent pas d'aspérités importantes (boulons, raidisseurs, …).

7.5.4.2 Dimensionnement des costières

Les costières présentent les caractéristiques suivantes :

Type de costière	Épaisseur (mm)	Hauteur H [a)] (m)	Talon (m)	Profil en partie haute (m)
Rapportée courante	0,75	≤ 0,25	≥ 0,10	—
	1,0	≤ 0,40	≥ 0,10	
	≥ 1,2	≤ 0,60	≥ 0,10	
Support de contre-bardage	≥ 1,2	≤ 0,60	≥ 0,10	Conforme à la figure 24 : — Aile horizontale ≥ 0,04 — Retombée verticale ≥ 0,03
Support de lanterneau ponctuel selon DTA	≥ 1,2	≤ 0,60	≥ 0,09	Conforme à son Document Technique d'Application (DTA) [15)]
Support de système d'éclairement en bandes translucides selon DTA	≥ 2,0	≤ 0,60	≥ 0,09	Conforme aux figures 25 ou à son Document Technique d'Application (DTA) [15)]
Support d'équipement (exutoires de fumées, aérateurs, …)	Fonction de l'équipement [b)]		≥ 0,10	Fonction de l'équipement

a) Voir figure 20.

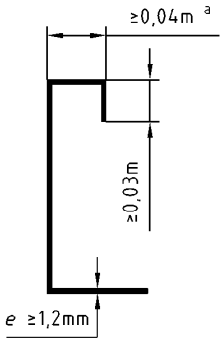
b) S'il s'agit de costière autoportante, le dimensionnement (épaisseur, hauteur) est fonction de la charge transmise par l'élément porté et par les tôles d'acier nervurées qui se trouvent en appui sur cette costière.

15) Ou son/leur équivalent dans les conditions indiquées dans l'avant-propos.

Tableau 14 Dimensionnement des costières

https://www.engcopilot.com/

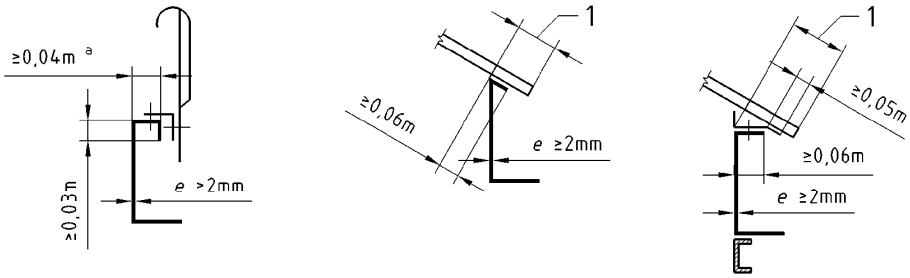
https://www.engcopilot.com/



Légende

a aux 0,04 m, il convient d'ajouter l'épaisseur de l'isolant éventuel

Figure 24 Costières support de contre-bardage



Légende

a Aux 0,04 m, il convient d'ajouter l'épaisseur de l'isolant éventuel

1 Débord

Figure 25 Costières support de système d'éclairement en bande

7.5.5 Isolation thermique des reliefs

Les Documents Particuliers du Marché définissent les ouvrages à isoler thermiquement.

NOTE

Pour limiter les risques de condensations locales, les Documents Particuliers du Marché peuvent prévoir :

- soit une isolation des costières ;
- soit un calfeutrement entre la costière et la paroi verticale (figure 26).

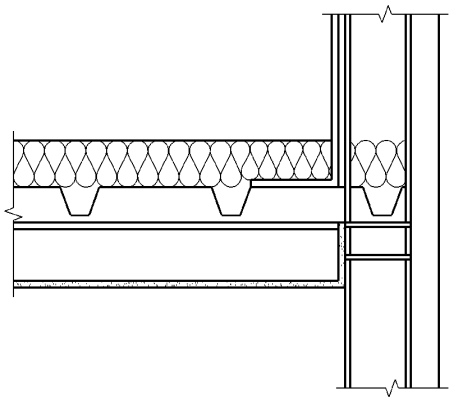


Figure 26 Calfeutrement entre costière et paroi verticale

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

7.5.5.1 Nature des panneaux isolants

Seuls sont utilisables et en un seul lit, les panneaux isolants pouvant recevoir un revêtement d'étanchéité adhérent (suivant les Documents Techniques d'Application [13] correspondants).

13)
Ou son/leur équivalent dans les conditions indiquées dans l'avant-propos.

7.5.5.2 Fixation des panneaux isolants

7.5.5.2.1 Relevés de hauteur ≤ 0,30 m

Les panneaux isolants sont fixés par collage à l'EAC ou fixations mécaniques seules.

7.5.5.2.1.1 Collage à l'EAC

Les panneaux sont collés jointifs au moyen d'une couche d'EAC à raison de 1,200 kg/m² environ, sur une couche d'EIF.

7.5.5.2.1.2 Fixations mécaniques seules

Les panneaux sont fixés jointifs à raison de trois fixations mécaniques par mètre linéaire avec un minimum de deux fixations par panneau.

Les fixations d'extrémités sont situées à environ 0,15 m des bords verticaux de chaque panneau.

7.5.5.2.2 Relevés de hauteur comprise entre 0,30 m et 0,60 m inclus

Seules sont admises les fixations mécaniques.

Les panneaux sont fixés jointifs :

- par une ligne de fixations hautes à raison de trois fixations mécaniques par mètre linéaire, avec un minimum de deux fixations par panneau ;
- par un même nombre de fixations mécaniques basses.

Les fixations d'extrémités sont situées à environ 0,15 m des bords verticaux de chaque panneau.

7.5.6 Calfeutrement à l'air au droit de reliefs

Les Documents Particuliers du Marché définissent les ouvrages à traiter à cet égard.

7.6 Joints de dilatation

Le paragraphe C.2.3.4 définit les dispositions à respecter concernant la structure porteuse.

Les joints plats sont interdits.

Les joints de dilatation sont bordés de part et d'autre par des costières métalliques recevant un relevé d'étanchéité, éventuellement sur isolant thermique (voir figure 27).

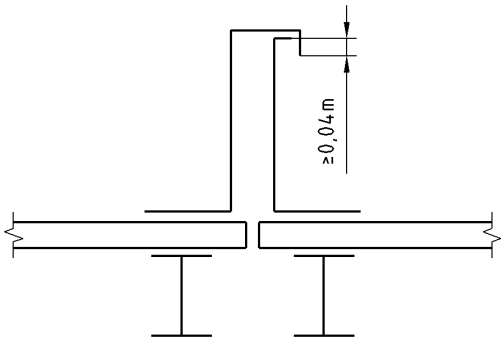


Figure 27 Costières métalliques pour joint de dilatation

Dans le cas de joints transversaux (coupant la ligne de plus grande pente), la partie amont est traitée comme une noue de rive (voir paragraphe 7.2.1.3) avec descentes d'eaux pluviales.

Les costières répondent aux spécifications du paragraphe 7.5.4 .

Le couronnement de l'une des deux costières doit coiffer l'aile verticale de l'autre costière, avec un recouvrement de 0,04 m.

L'espace entre les deux costières peut être rempli d'un matériau isolant compressible (laine minérale par exemple) ; dans ce cas, une tôle d'acier galvanisé fixée d'un seul côté pontera le joint entre les deux tôles d'acier nervurées (figure 28).

L'isolation thermique est traitée au paragraphe 7.5.5 .

Le calfeutrement à l'air est traité au paragraphe 7.5.6 .

Les relevés d'étanchéité sont traités au paragraphe 6.5.6.1 .

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

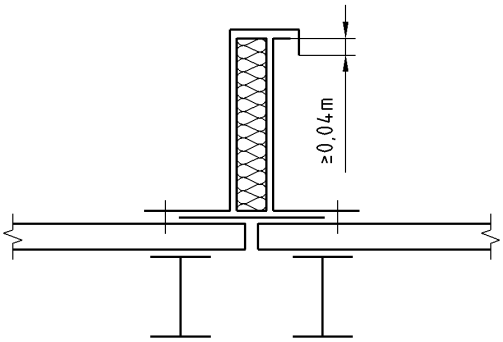


Figure 28 Isolant entre costières et joint de dilatation

7.7 Lanterneaux, exutoires de fumées, aérateurs,...

Ils sont implantés dans les conditions du paragraphe 5.2.1 .
Il est rappelé (voir paragraphe C.2.3.6) que des chevêtres ou des costières autoportantes sont nécessaires.
Ces appareils sont fixés sur des costières répondant aux spécifications du paragraphe 7.5.4 .

7.8 Dispositifs d'évacuation des eaux pluviales

7.8.1 Généralités

Les eaux pluviales recueillies par la toiture sont :

- collectées par les noues ;
- conduites par les entrées d'eaux pluviales (EEP) aux descentes d'eaux pluviales (DEP) qui les évacuent.

Les entrées d'eaux pluviales peuvent être :

- soit « en fond de noue » et conduire les eaux directement dans les DEP ;
- soit « en déversoir » (latérales) et conduire les eaux dans une boîte à eau extérieure, située en tête de DEP.

7.8.2 Ossature — Chevêtre

Les paragraphes C.2.3.2.2 et C.2.3.3.1.1 fixent les écartements à respecter entre appuis au droit des noues.
Il est rappelé (voir paragraphe C.2.3.5) qu'un chevêtre doit être réalisé, dans le plan des appuis :

- lorsqu'un passage d'entrée d'eaux pluviales dépasse 0,20 m dans sa dimension perpendiculaire aux nervures des tôles d'acier nervurées ;
- quelle que soit la dimension du passage, dans le cas de tôles d'acier nervurées parallèles à la noue avec implantation d'entrées d'eaux pluviales en « milieu » de travée.

7.8.3 Renfort des tôles d'acier nervurées

Dans le cas de tôles d'acier nervurées parallèles à la noue avec entrée d'eaux pluviales près des appuis, les tôles d'acier nervurées doivent être renforcées au droit du passage de l'EEP par une tôle d'acier galvanisé plane fixée sur les plages des tôles d'acier nervurées.

7.8.4 Implantation et surface collectée

Voir paragraphe 5.2.2 et annexe E .

NOTE
Il est rappelé que chaque noue doit comporter au moins :

- soit trois EEP de section normale ;
- soit deux EEP de section majorée.

7.8.5 Sections des entrées d'eaux pluviales (EEP) et des descentes d'eaux pluviales (DEP)

7.8.5.1 Principe de calcul des surfaces collectées (en protection horizontale) par EEP ou DEP

- Cas des noues à pente nulle (figure 29).

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

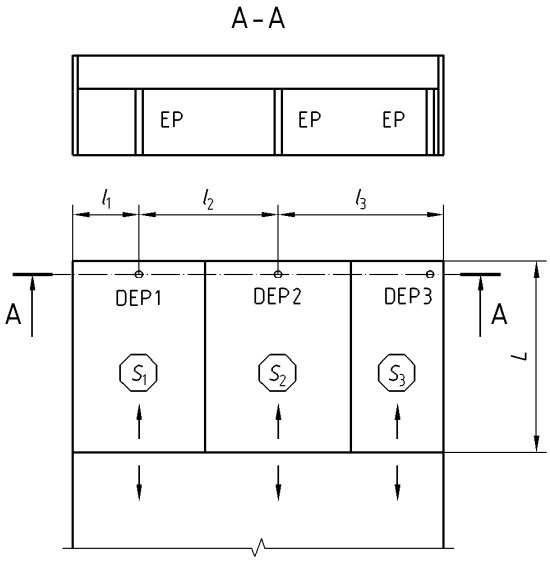


Figure 29 Surfaces collectées par descente d'eaux pluviales (noue à pente nulle)

La répartition du débit d'eau en noue entre deux descentes se fait à partir d'un point situé à mi-distance entre les deux descentes concernées.

- Cas des noues en pente (figure 30).

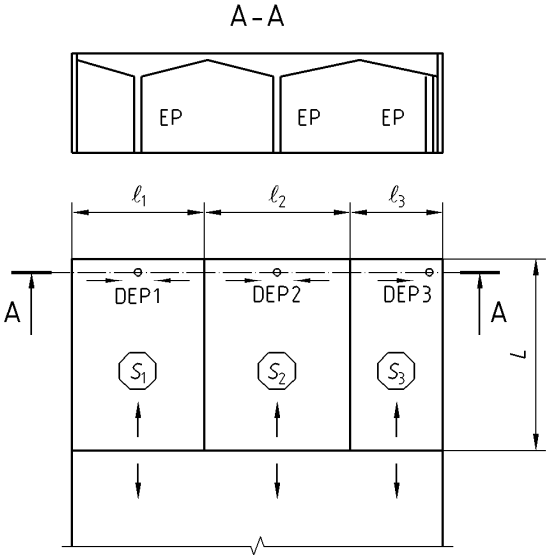


Figure 30 Surfaces collectées par descente d'eaux pluviales (noue en pente)

La répartition du débit d'eau en noue entre deux descentes se fait à partir du point haut de la noue.

7.8.5.2 EEP « en fond de noue » (voir paragraphe 7.8.6.1.1)

Les diamètres des tuyaux de descente d'eaux pluviales sont donnés par les règles DTU 60.11 .

Les entrées d'eaux pluviales se raccordent à ces descentes par l'intermédiaire d'un moignon de même diamètre (légèrement inférieur compte tenu de l'épaisseur du matériau constitutif).

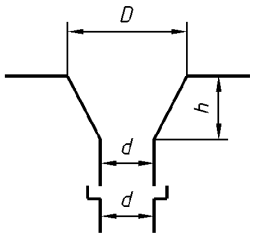
Le tableau ci-dessous (établi pour évacuer le débit de trois litres à la minute et par mètre carré de surface en projection horizontale) donne ces diamètres en fonction :

- de la surface collectée par EEP (ou DEP) ;
- de la forme de l'EEP (moignon cylindrique ou tronconique) ;
- de la nécessité ou non de retenir un diamètre majoré (voir paragraphes E.2.2.2 et E.2.2.3).

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

La surface collectée par EEP est limitée à 700 m² (section normale ou majorée).

Entrée d'eau avec moignon cylindrique [a]			Entrée d'eau avec moignon tronconique [b]				
Surface en plan collectée par une entrée d'eau		Diamètre minimal du tuyau d'évacuation ou du moignon [c]	Surface en plan collectée par une entrée d'eau dont le moignon est tronconique				
m^2		cm	m^2		cm	cm	cm
à Ø normal [a]	à Ø majoré		à Ø normal [b]	à Ø majoré	D	d [c]	h
50	33	8	71	47		8	
64	43	9	91	61		9	
79	53	10	113	75		10	
95	63	11	136	91		11	
113	75	12	161	107		12	
133	88	13	190	127		13	
154	103	14	220	147		14	
177	118	15	253	168		15	
201	134	16	287	191		16	
227	151	17	324	216		17	
254	169	18	363	242		18	
284	189	19	406	270	= 2 d environ	19	H = 1,5 d
314	209	20	449	300		20	
346	230	21	494	329		21	
380	253	22	543	362		22	
415	277	23	593	394		23	
452	302	24	646	430		24	
490	327	25	700	466		25	
530	400	26		570		26	
570	472	27		680		27	
615	550	28					
660	625	29					
700	700	30					

a) 1 cm² de section de tuyau de descente évacue 1 m² de section en plan.

b) 0,70 cm² de section de tuyau de descente évacue 1 m² de section en plan.

c) Le diamètre du moignon peut être légèrement inférieur pour tenir compte de l'épaisseur du matériau constitutif.

Tableau 15 Diamètre des descentes d'eaux pluviales

7.8.5.3 EEP « en déversoir » (latérale) (voir paragraphe 7.8.6.1.2)

Seuls sont admis les déversoirs de forme rectangulaire.

Pour l'évacuation des eaux, seule intervient la largeur du déversoir calculée selon les règles suivantes :

- dans le cas de « section » normale, 1 cm de largeur de déversoir évacue les eaux collectées sur une surface de 5 m² (en projection horizontale) ;
- dans le cas de « section » majorée, 1 cm de largeur de déversoir évacue les eaux collectées sur une surface de 3,5 m² (en projection horizontale).

NOTE

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

La nécessité ou non de retenir une « section » majorée est précisée aux paragraphes E.2.2.2 et E.2.2.3 .

La surface collectée par déversoir est limitée à 350 m² (« section » normale ou majorée).

7.8.6 Entrée d'eaux pluviales (EEP)

7.8.6.1 Constitution — Dimensions

7.8.6.1.1 EEP « en fond de noue »

Les entrées d'eaux pluviales sont généralement constituées de deux parties, la platine et le moignon, assemblées entre elles par soudure ou tout système d'assujettissement étanche.

Elles peuvent être :

- en plomb de 2,5 mm d'épaisseur au moins, (limité au diamètre ≤ 15 cm) ;
- en zinc de 0,8 mm d'épaisseur au moins, badigeonné intérieurement d'EIF, (limité au diamètre ≤ 20 cm) ;
- en tôle d'acier de 1,5 mm d'épaisseur minimale protégée contre la corrosion (par exemple galvanisation) ;
- en acier inoxydable étamé ou non d'épaisseur 0,5 mm au moins ;
- en cuivre d'épaisseur 0,6 mm au moins ;
- en aluminium de 1 mm d'épaisseur au moins badigeonné intérieurement d'EIF (limité au diamètre ≤ 20 cm) ;
- en matériau spécialement adapté à cet usage (élastomère).

La distance entre le bord du trou d'évacuation et le bord de la platine ne doit pas être inférieure à 0,12 m (voir figure 31).

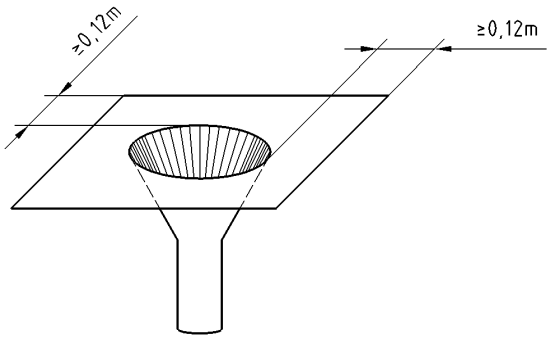


Figure 31 Entrée d'eaux pluviales en « fond de noue »

La forme (cylindrique ou tronconique), les dimensions et la section du moignon sont définis au paragraphe 7.8.5.2 .

7.8.6.1.2 EEP « en déversoir » (latérale)

Les déversoirs sont généralement constitués de deux parties, la platine et le moignon, assemblées entre elles par soudure ou tout système d'assujettissement étanche.

Les matériaux constitutifs sont ceux définis au paragraphe 7.8.6.1.1 .

Les dimensions sont les suivantes (voir figure 32) :

- Orifice d'évacuation :
  - Largeur L : telle que définie au paragraphe 7.8.5.3 (largeur nécessaire pour assurer l'évacuation des eaux pluviales), sans être inférieure à 0,10 m ;
  - Hauteur H : ≥ 0,10 m.
- Platine : la distance entre les bords de l'orifice d'évacuation et les bords de la platine ne doit pas être inférieure à :
  - 0,20 m pour les bords latéraux et inférieurs ;
  - 0,12 m pour les bords supérieurs.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

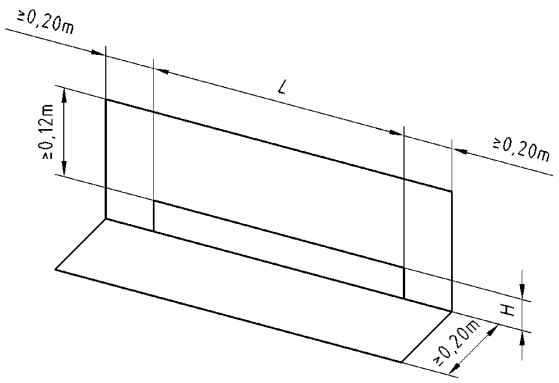


Figure 32 Entrée d'eaux pluviales « en déversoir » — Platine

Le moignon présente une inclinaison vers l'extérieur, supérieure à 20 %, pour éviter les retours d'eau (figure 33).

7.8.6.2 Raccordement au revêtement d'étanchéité et à la descente d'eaux pluviales

7.8.6.2.1 EEP « en fond de noue »

La platine est logée dans un décaissé de 10 mm d'épaisseur minimale, réalisé dans l'isolant, de façon à éviter les surépaisseurs au droit de l'EEP.

Elle est enduite d'EIF sur ses deux faces et insérée dans le revêtement d'étanchéité. Dans le cas d'asphalte, la platine est enrobée d'asphalte pur. Dans le cas de bicouche, une feuille supplémentaire est disposée en sous-face.

La platine est fixée mécaniquement aux tôles d'acier nervurées.

Aucun joint ne devant exister dans l'épaisseur de la toiture ou faux-plafond non démontable, les dispositions prises doivent rendre le joint entre canalisation et moignon aisément visitable.

Le moignon doit déborder en sous-face de 0,15 m.

7.8.6.2.2 EEP « en déversoir » (latérale)

Un décaissé de 30 mm d'épaisseur minimale est réalisé dans l'isolant de façon à constituer un encuvement dont les dimensions minimales sont les suivantes (figure 33) :

- 0,25 m de part et d'autre de l'orifice d'évacuation, le long de l'acrotère ;
- 0,50 m perpendiculairement à l'acrotère.

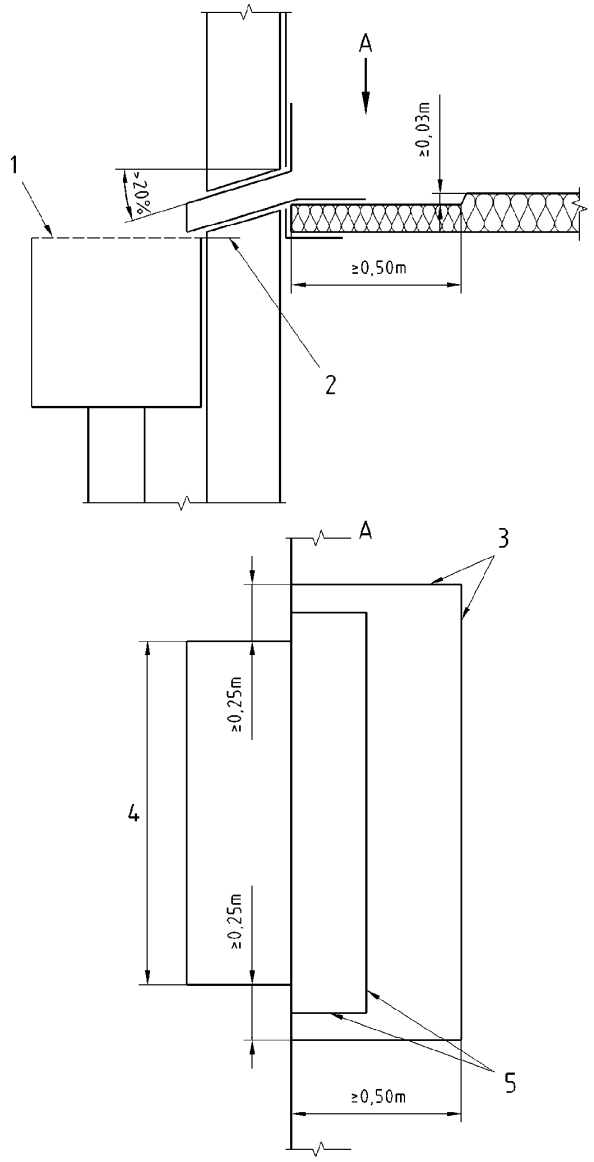
La platine est enduite d'EIF sur ses deux faces et insérée dans le revêtement d'étanchéité. Dans le cas d'asphalte, la platine est enrobée d'asphalte pur. Dans le cas de revêtement bicouche, une feuille supplémentaire est disposée en sous-face.

La platine est fixée mécaniquement aux tôles d'acier nervurées.

La boîte à eau extérieure est conçue pour que le niveau de débordement éventuel soit plus bas que le fil d'eau de la noue (figure 33).

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/



Légende

1 Grille
2 Niveau de débordement plus bas que le fil d'eau de la noue
3 Limite de l'encuvement
4 Longueur de l'orifice d'évacuation
5 Bord de la platine

Figure 33 Entrée d'eaux pluviales « en déversoir » — Mise en oeuvre

7.8.6.3 Crapaudines, garde-grèves

Des dispositifs (crapaudines ou garde-grèves) doivent être prévus pour arrêter les débris (feuilles, etc.) susceptibles de provoquer un engorgement des descentes et les matériaux constitutifs de la protection meuble éventuelle :

- quel que soit le type d'EEP dans le cas de protection meuble ;
- au droit des EEP en « fond de noue » dans le cas de revêtement d'étanchéité apparent.

Dans le cas de déversoir avec revêtement d'étanchéité apparent, ces dispositifs ne sont pas à prévoir, mais la boîte à eau doit comporter une grille de protection assurant la même fonction (figure 33).

Le niveau supérieur des crapaudines ou garde-grèves doit dépasser d'au moins 0,05 m celui du revêtement d'étanchéité (voir figure 34).

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

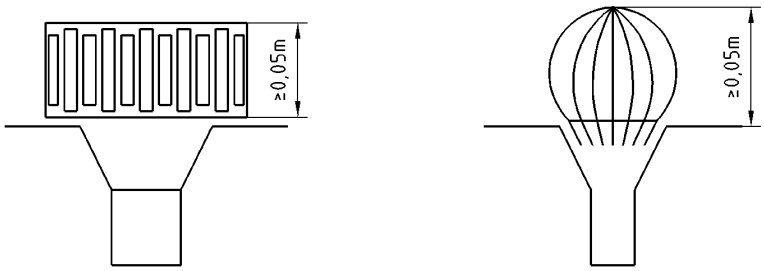


Figure 34 Niveau supérieur des crapaudines ou garde-grèves (exemples)

La section totale des ouvertures du dispositif doit être au moins 1,5 fois celle de la partie supérieure de l'entrée d'eaux pluviales, avec dans le cas de garde-grèves, un minimum de 50 % pour le couvercle.

7.8.7 Trop-pleins

Les Documents Particuliers du Marché précisent s'il y a lieu d'en prévoir ainsi que leur nombre, section et implantation.

> NOTE
> Dans les conditions de dimensionnement et d'implantation précitées des EEP, les trop-pleins n'ont plus pour rôle d'assurer un débit d'évacuation des eaux pluviales mais un rôle d'alerte.

Lorsqu'ils sont prévus, leur niveau est situé au-dessus de celui des entrées d'eaux pluviales, à environ :

- 0,04 m dans le cas d'EEP « en fond de noue » ;
- 0,06 m dans le cas d'EEP « déversoir ».

Les matériaux utilisés pour leur confection sont identiques à ceux des entrées d'eaux pluviales (voir paragraphe 7.8.6.1).

Ils sont rectangulaires.

Leurs dimensions minimales sont de 0,20 m × 0,10 m. La distance entre le bord du trou et les bords extrêmes latéraux et inférieurs de la platine doit être au moins égale à 0,12 m. Dans le cas de platine entièrement située dans le plan du relevé, cette distance peut être ramenée à 0,08 m pour le bord inférieur (voir figure 35).

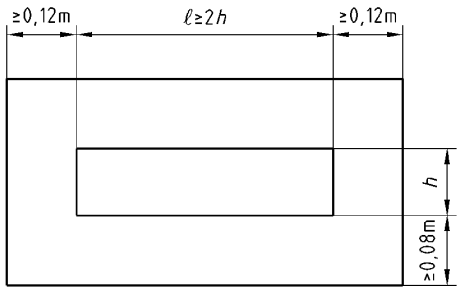


Figure 35 Trop-pleins — Exemple de platine entièrement située dans le plan du relevé

Le moignon présente une inclinaison vers l'extérieur, supérieure à 20 %, pour éviter les retours d'eau.

Les modes de raccordement aux revêtements d'étanchéité sont identiques à ceux des entrées d'eaux pluviales (voir paragraphe 7.8.6.1.2) mais sans encuvement dans l'isolant.

7.9 Traversées de toiture (ventilations, potelets,…)

7.9.1 Généralités

Elles sont implantées dans les conditions du paragraphe 5.2.1 .

> NOTE
> Il est rappelé que :
> - les charges qui ne peuvent être reprises par les tôles d'acier nervurées sont reportées sur l'ossature, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un chevêtre (voir paragraphe C.3.1.2) ;
> - lorsqu'un passage (ventilation par exemple), dont la plus grande dimension perpendiculaire aux nervures dépasse 0,20 m, est à aménager, il doit être réalisé un chevêtre dans le plan des appuis permettant de soutenir et de fixer les tôles d'acier nervurées ainsi que les ouvrages éventuels rapportés (voir paragraphe C.2.3.5).

Lorsque la dimension du passage ne requiert pas de chevêtre (< 0,20 m) il ne doit pas y avoir plus d'une traversée sur une

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

largeur de tôle d'acier nervurée.
Quand une nervure est coupée, un renfort en tôle plane doit être prévu de part et d'autre de la traversée.

7.9.2 Constitution et raccordement à l'étanchéité

Les ouvrages traversant les tôles d'acier nervurées doivent être désolidarisés du revêtement d'étanchéité par un fourreau.
Le raccordement au revêtement d'étanchéité se fait par une platine soudée au fourreau par soudure étanche.
Il doit être prévu un dispositif empêchant la pénétration des eaux de ruissellement entre l'ouvrage traversant et le fourreau (voir figure 36).

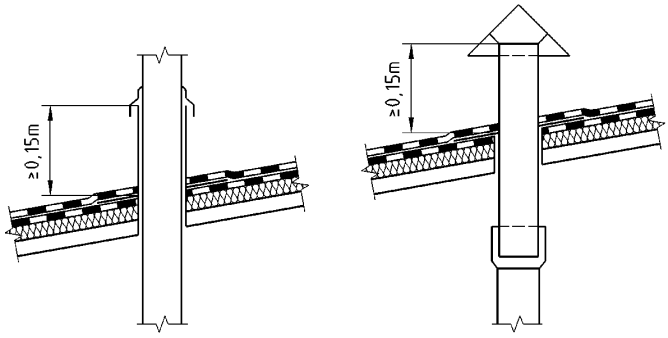
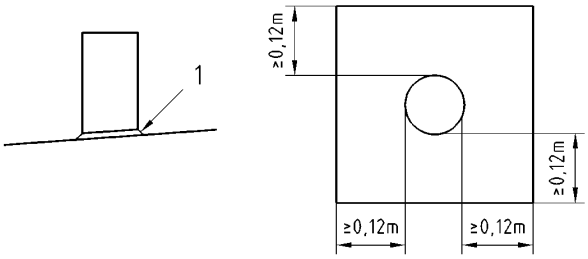


Figure 36 Traversées de toiture — Raccordements à l'étanchéité

La platine et le fourreau peuvent être :

- en tôle d'acier de 0,75 mm d'épaisseur minimale protégée contre la corrosion (galvanisé par exemple) ;
- en zinc de 0,8 mm d'épaisseur minimale ;
- en plomb de 2,5 mm d'épaisseur minimale ;
- en matériau spécialement adapté à cet usage.

La distance entre le fourreau et le bord extrême de la platine ne doit pas être inférieure à 0,12 m (voir figure 37).



Légende

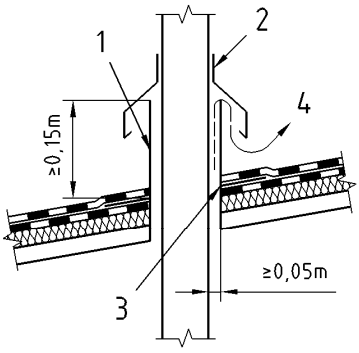
1 Soudure étanche

Figure 37 Traversées de toiture — Platine

La platine enduite d'EIF sur les deux faces est prise entre les couches du revêtement d'étanchéité.
Le fourreau doit saillir d'au moins 0,15 m au-dessus de la protection.
Lorsque la traversée de toiture est un conduit chaud, un espace de 50 mm minimum doit être prévu entre le fourreau et le conduit chaud pour créer la coupure thermique (figure 38) ; le fourreau doit descendre jusqu'à la face inférieure des tôles d'acier nervurées.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/



Légende

1	Fourreau	3	Soudure étanche
2	Collerette soudée	4	Air chaud

Figure 38 Traversée de toiture par un conduit chaud

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

8 Dispositions spécifiques

8.1 Dispositions liées aux locaux à forte ou très forte hygrométrie

Des dispositions particulières sont à respecter lorsque les locaux couverts sont classés à forte (voir paragraphe 8.1.1) ou très forte hygrométrie (voir paragraphe 8.1.2).

> NOTE
> La classification des locaux en fonction de leur hygrométrie est définie en annexe B .

Pour limiter les risques de condensation, la conception du bâtiment doit permettre une continuité d'isolation et un calfeutrement à l'air aux raccordements de la toiture avec les façades et les ouvrages particuliers et, éventuellement, entre les différents locaux intérieurs.

8.1.1 Locaux à forte hygrométrie

8.1.1.1 Tôles d'acier nervurées

L'emploi des tôles d'acier nervurées perforées ou crevées n'est pas visé.

Les tôles d'acier nervurées doivent comporter un revêtement de protection adapté contre la corrosion.

Dans le cas d'ambiance agressive, les Documents Particuliers du Marché précisent les caractéristiques de ces revêtements de protection.

Lorsque le pare-vapeur est réalisé par écran rapporté (voir paragraphe 8.1.1.2.2), un revêtement double-face est nécessaire.

Les fixations des tôles d'acier nervurées sur l'ossature, tiennent compte de l'environnement [notamment deux cycles Kesternich, voir la norme NF DTU 43.3 P1-2 (CGM)].

Lorsque le pare-vapeur est réalisé par bandes auto-adhésives (voir paragraphe 8.1.1.2.1), les tôles d'acier nervurées reçoivent des fixations de couture espacées d'au plus 0,50 m (voir paragraphe 6.2.5).

8.1.1.2 Pare-vapeur

La mise en oeuvre d'un dispositif pare-vapeur est obligatoire :

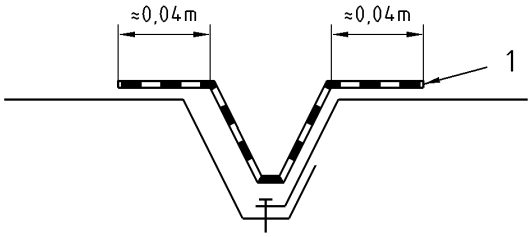
- soit par bandes auto-adhésives (voir paragraphe 8.1.1.2.1) ;
- soit par écran rapporté (voir paragraphe 8.1.1.2.2).

8.1.1.2.1 Bandes auto-adhésives

Les bandes auto-adhésives sont appliquées sur les recouvrements longitudinaux et transversaux des tôles d'acier nervurées sèches et exemptes de poussière.

Les recouvrements transversaux sont recouverts par des bandes auto-adhésives de largeur minimale 0,12 m, en suivant le profil des tôles d'acier nervurées.

Les recouvrements longitudinaux sont recouverts par des bandes auto-adhésives devant adhérer sur le développement de la nervure avec retour de 0,04 m environ sur les plages adjacentes (figure 39).



Légende

1 Bande auto-adhésive

Figure 39 Locaux à forte hygrométrie — Pare-vapeur par bande auto-adhésive

Les bandes auto-adhésives sont raccordées aux ouvrages particuliers (périphérie, émergences, pénétrations diverses) avec obturation des nervures des tôles d'acier nervurées.

8.1.1.2.2 Ecrans rapportés

Les écrans rapportés sont constitués de matériaux en feuilles.

> NOTE 1
> Vis-à-vis du risque incendie l'emploi des écrans à base de bitume ne permet pas le classement CC2 de l'APSAD.

Les écrans sont déroulés à sec sur les tôles d'acier nervurées, avec un recouvrement de 0,10 m. Ils peuvent également être partiellement collés sur les plages des tôles d'acier nervurées.

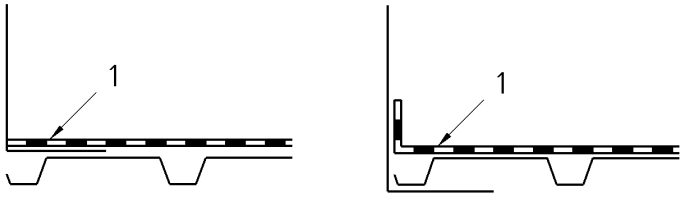
Les recouvrements sont liaisonnés par collage, soudage ou pontage.

> NOTE 2
> Dans le cas de soudage au chalumeau on s'assurera de la compatibilité de la protection en sous-face des tôles d'acier nervurées avec la chaleur apportée par cette technique de mise en oeuvre.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Les écrans voile de verre-aluminium sont déroulés face aluminium au-dessus et les recouvrements pontés par bandes rapportées collées.
Les écrans sont raccordés aux ouvrages particuliers (périphérie, émergences, pénétrations diverses) (figure 40).



Légende

1 Écran rapporté

Figure 40 Locaux à forte et très forte hygrométrie — Pare-vapeur par écran rapporté disposé directement sur les tôles d'acier nervurées

8.1.1.3 Isolation thermique

Les modes de fixation des panneaux isolants sont définis ci-après, sauf autres dispositions prévues dans les Documents Techniques d'Application [14].
L'isolation thermique est réalisée en un ou plusieurs lits.
Dans le cas de fixations mécaniques, leur protection contre la corrosion prend en compte l'environnement.

8.1.1.3.1 Isolation en un seul lit

8.1.1.3.1.1 Sous-protection lourde (figure 41a)

La fixation est réalisée, conformément au paragraphe 6.4.3.1.1 :

- soit par collage à l'EAC, uniquement dans le cas de pare-vapeur réalisé par écran rapporté en feuille à base de bitume collé sur les plages de tôles d'acier nervurées ;
- soit par fixation mécanique :
  - à rupture thermique (résistant à deux cycles Kesternich) ;
  - ou ne traversant pas les tôles d'acier nervurées (résistant à deux cycles Kesternich) ;
  - ou résistant à douze cycles Kesternich ou en acier inox A2.

8.1.1.3.1.2 Sous revêtement d'étanchéité autoprotégé (figure 41c)

La fixation est réalisée, conformément au paragraphe 6.4.3.2.1 par fixation mécanique :

- à rupture thermique (résistant à deux cycles Kesternich) ;
- ou ne traversant pas les tôles d'acier nervurées (résistant à deux cycles Kesternich) ;
- ou résistant à douze cycles Kesternich ou en acier inox A2.

8.1.1.3.2 Isolation en plusieurs lits

8.1.1.3.2.1 Sous protection lourde (figure 41b)

Le lit inférieur est fixé conformément au paragraphe 6.4.3.1.2 :

- soit par collage à l'EAC, uniquement dans le cas de pare-vapeur réalisé par écran rapporté en feuille à base de bitume collé sur les plages de tôles d'acier nervurées ;
- soit par fixation mécanique courante (résistant à deux cycles Kesternich).

Le lit supérieur est fixé, conformément au paragraphe 6.4.3.1.2 :

- soit par collage à l'EAC ;
- soit par fixation mécanique :
  - à rupture thermique (résistant à deux cycles Kesternich) ;
  - ou ne traversant pas les tôles d'acier nervurées (résistant à deux cycles Kesternich) ;
  - ou résistant à douze cycles Kesternich ou en acier inox A2.

8.1.1.3.2.2 Sous revêtement d'étanchéité autoprotégé (figure 41d)

Le lit inférieur est fixé, conformément au paragraphe 6.4.3.2.2 , par fixation mécanique courante (résistant à deux cycles Kesternich).
Le lit supérieur est fixé, conformément au paragraphe 6.4.3.2.2 :

- soit par collage à l'EAC (si le Document Technique d'Application [14] de l'isolant le prévoit) ;

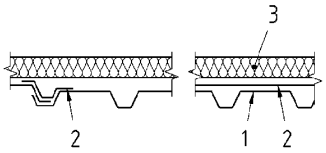
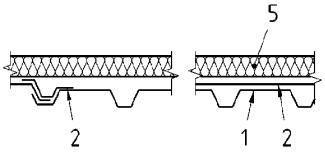
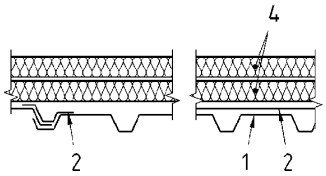
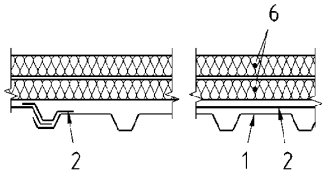
14)
Ou son/leur équivalent dans les conditions indiquées dans l'avant-propos.

- soit par fixation mécanique :
  - à rupture thermique (résistant à deux cycles Kesternich) ;

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

- ou ne traversant pas les tôles d'acier nervurées (résistant à deux cycles Kesternich) ;
- ou résistant à douze cycles Kesternich ou en acier inox A2.

Isolation thermique	Revêtement d'étanchéité sous protection lourde	Revêtement d'étanchéité autoprotégé
Un lit	 a)	 c)
Plusieurs lits	 b)	 d)

Légende

1 Tôles d'acier nervurées (voir paragraphe 8.1.1.1).
2 Pare-vapeur (voir paragraphe 8.1.1.2) : bandes auto-adhésives ou écran rapporté.
3 Isolant thermique (voir paragraphe 8.1.1.3) : collé à l'EAC ou fixé mécaniquement.
4 Isolant thermique (voir paragraphe 8.1.1.3) : lit inférieur collé à l'EAC ou fixé mécaniquement et lit supérieur collé à l'EAC ou fixé mécaniquement .
5 Isolant thermique (voir paragraphe 8.1.1.3) : fixé mécaniquement.
6 Isolant thermique (voir paragraphe 8.1.1.3) : lit inférieur fixé mécaniquement et lit supérieur collé à l'EAC ou fixé mécaniquement.

Figure 41 Locaux à forte hygrométrie — Dispositions résumées concernant l'isolation thermique

8.1.1.3.3 Résumé des dispositions concernant l'isolation thermique sur locaux à forte hygrométrie (tableau 16 et figure 41)

Protection du revêtement d'étanchéité		Protection lourde		Autoprotection	
Nombre de lits de l'isolation thermique		Un lit	Plusieurs lits	Un lit	Plusieurs lits
Fixations de l'isolant :					
— Lit unique		— Soit EAC [a)] — Soit FM [b)]		— FM [b)]	
— Plusieurs lits	Lit inférieur		— Soit EAC [a)] — Soit FM [c)]		— FM [c)]
	Lit supérieur		— Soit EAC — Soit FM [b)]		— Soit EAC [d)] — Soit FM [b)]

a) Uniquement si le pare-vapeur est un écran rapporté à base de bitume collé sur les plages des tôles d'acier nervurées.
b) Fixations mécaniques :
— Soit à rupture thermique et résistant à deux cycles Kesternich ;
— Soit ne traversant pas les tôles d'acier nervurées et résistant à deux cycles Kesternich ;
— Soit résistant à douze cycles Kesternich ou en acier inox A2.
c) Fixations mécaniques courantes (résistant à deux cycles Kesternich).
d) Si le Document Technique d'Application [18) 19)] le prévoit.

18) Ou son/leur équivalent dans les conditions indiquées dans l'avant-propos.

19) Ou Avis Technique.

Tableau 16 Isolation thermique sur locaux à forte hygrométrie

8.1.2 Locaux à très forte hygrométrie

8.1.2.1 Tôles d'acier nervurées

L'emploi des tôles d'acier nervurées perforées ou crevées n'est pas visé.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Les tôles d'acier nervurées doivent comporter sur chaque face un revêtement de protection adapté contre la corrosion.
Dans le cas d'ambiance agressive, les Documents Particuliers du Marché précisent les caractéristiques de ces revêtements de protection.
La fixation des tôles d'acier nervurées à l'ossature se fait par vis autotaraudeuses ou autoperceuses ou par fixations bénéficiant d'un Avis technique [15] favorable pour cet emploi.

8.1.2.2 Pare-vapeur
La mise en oeuvre d'un dispositif pare-vapeur est obligatoire.
Il est constitué d'un écran rapporté collé :

- soit directement sur les tôles d'acier nervurées (voir paragraphe 8.1.2.2.1).
  Cette solution n'est admise que s'il y a une protection lourde du revêtement d'étanchéité.
- soit sur un platelage (voir paragraphe 8.1.2.2.2).

Les Documents Techniques d'Application [15] [16] peuvent prévoir d'autres dispositions.

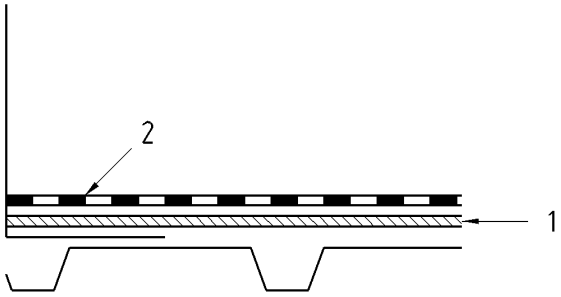
15)
Ou son/leur équivalent dans les conditions indiquées dans l'avant-propos.

16)
Ou Avis Technique.

8.1.2.2.1 Ecran rapporté disposé directement sur les tôles d'acier nervurées [figures 43a) et b)]
Cette disposition n'est admise que s'il y a une protection lourde du revêtement d'étanchéité.

NOTE
Vis-à-vis du risque incendie, l'emploi des écrans à base de bitume ne permet pas le classement CC2 de l'APSAD.

L'écran est partiellement collé à l'EAC sur les plages des tôles d'acier nervurées.
Les recouvrements de 0,10 m sont liaisonnés par collage.
L'écran est raccordé aux ouvrages particuliers (périphérie, émergences, pénétrations diverses) (figure 42).



Légende

1 Platelage

2 Écran rapporté

Figure 42 Locaux à très forte hygrométrie — Pare vapeur par écran rapporté collé sur un platelage

8.1.2.2.2 Ecran rapporté disposé sur platelage [figures 43c), d), e), f)]
Cette disposition est admise avec revêtement d'étanchéité sous protection lourde ou autoprotégé.
Le platelage est fixé mécaniquement aux tôles d'acier nervurées avec des fixations conformes à la norme NF DTU 43.3 P1-2 (CGM) , à raison d'une fixation par plage dans le sens transversal des tôles d'acier nervurées et tous les 0,50 m environ dans le sens longitudinal.
L'écran rapporté est le même qu'au paragraphe 8.1.2.2.1 ci-dessus. Il est collé à l'EAC sur le platelage, avec recouvrements de 0,06 m minimum, et raccordé aux ouvrages particuliers (périphérie, émergences, pénétrations diverses) (figure 42).

8.1.2.3 Isolation thermique (figure 43)
L'isolation thermique peut être réalisée en un ou plusieurs lits.
Tous les panneaux isolants (lits uniques, inférieurs ou supérieurs) sont collés à l'EAC conformément aux paragraphes 6.4.3.1 (avec revêtement d'étanchéité sous protection lourde) ou 6.4.3.2.2 (avec revêtement d'étanchéité autoprotégé). Dans ce dernier cas, le Document Technique d'Application [17] de l'isolant doit prévoir le collage à l'EAC.

17)
Ou son/leur équivalent dans les conditions indiquées dans l'avant-propos.

Le résumé des dispositions concernant l'isolation thermique sur locaux à très forte hygrométrie (figure 43) est rappelé dans le tableau 17 .

https://www.engcopilot.com/

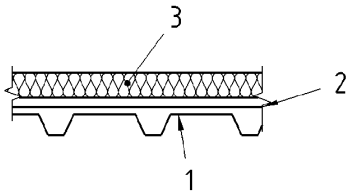
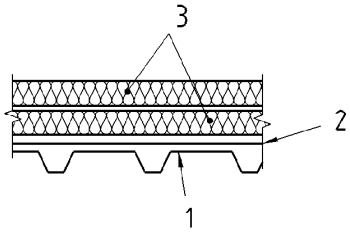
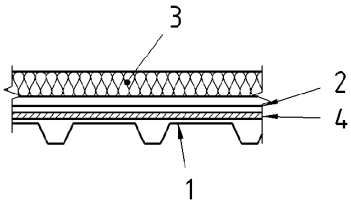
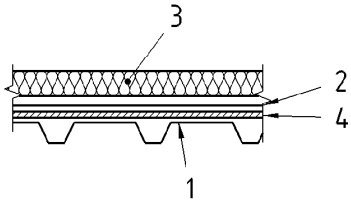
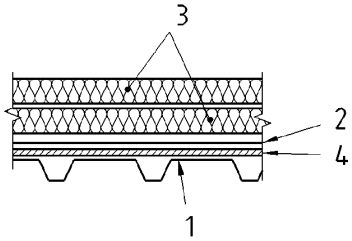
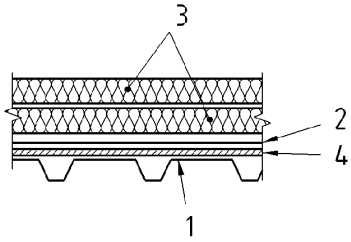
https://www.engcopilot.com/

	Résumé des dispositions concernant l'isolation thermique sur locaux à très forte hygrométrie (figure 43)		
Protection du revêtement d'étanchéité	Protection lourde		Autoprotection
Platelage support de pare-vapeur (voir paragraphe 8.1.2.2.2)	—	Fixation mécanique [a)]	Fixation mécanique [a)]
Pare-vapeur (aluminium bitumé)	Collage à l'EAC sur les tôles d'acier nervurées	Collage à l'EAC sur le platelage	Collage à l'EAC sur le platelage
Isolation thermique (lit unique ou plusieurs lits)	Collage à l'EAC	Collage à l'EAC	Collage à l'EAC [b)]
a) Fixations mécaniques en acier inox A2 minimum.			
b) Si le Document Technique d'Application [22)] de l'isolant le prévoit.			

Tableau 17 Isolation thermique sur locaux à très forte hygrométrie

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Pare-vapeur	Isolation thermique	Revêtement d'étanchéité sous protection lourde	Revêtement d'étanchéité autoprotégé
Sur tôles d'acier nervurées	Un lit	 a)	Non admis
	Plusieurs lits	 b)	Non admis
Sur platelage	Un lit	 c)	 e)
	Plusieurs lits	 d)	 f)

Légende

1 Tôles d'acier nervurées (voir paragraphe 8.1.2.1).

2 Pare-vapeur (voir paragraphe 8.1.2.2) : collé à l'EAC.

3 Isolant thermique (voir paragraphe 8.1.2.3) : collé(s) à l'EAC.

4 Platelage fixé mécaniquement (voir paragraphe 8.1.2.2.2).

Figure 43 Locaux à très forte hygrométrie — Dispositions résumées concernant l'isolation thermique

8.2 Dispositions liées aux locaux réfrigérés

- Dans les locaux à température contrôlée positive basse, l'isolation est réalisée en plusieurs lits qui sont fixés conformément au paragraphe 6.4.3 .

NOTE

La conception du bâtiment doit permettre une continuité d'isolation et un calfeutrement à l'air pour les raccordements de la toiture avec les façades et/ou les différents locaux intérieurs, ainsi que pour les accidents de toiture.

Le calfeutrement à l'air extérieur sera réalisé par tout moyen approprié (joints, closoirs, bandes adhésives, moussage in situ...). Ces locaux sont généralement classés à faible hygrométrie. Aucune précaution particulière n'est à prendre à ce titre.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Par ailleurs, si les conditions d'exploitation (variations périodiques du régime hygrothermique) sont susceptibles de créer des conditions de condensation superficielle temporaire, les Documents Particuliers du Marché le précisent et indiquent les caractéristiques des protections des tôles d'acier nervurées.

- Les locaux à température contrôlée négative ne sont pas visés par le présent document.

8.3 Dispositions liées à l'emploi de matériaux ou à la présence d'ouvrages en sous-face des tôles d'acier nervurées

8.3.1 Produits projetés

L'emploi de produits projetés à la sous-face des tôles d'acier nervurées n'est admis que s'ils sont destinés à contribuer à la correction acoustique ou à la protection incendie.

L'emploi de ces produits n'est pas visé sur les locaux à forte et très forte hygrométrie.

Leur résistance thermique doit être au plus égale au dixième de la résistance thermique des panneaux isolants placés sur les tôles d'acier nervurées.

8.3.2 Plafonds suspendus

Dans le cas d'utilisation de plafond suspendu, l'exigence de non-condensation en sous-face des tôles d'acier nervurées nécessite une étude particulière non visée par le présent document.

NOTE
Ceci peut conduire, par exemple, à maintenir dans le comble une température supérieure à la température de rosée (en le faisant communiquer avec l'ambiance ou en limitant la résistance thermique du plafond...).

8.4 Dispositions liées à l'environnement

Les dispositions visées par le présent document s'appliquent à des toitures situées sur des locaux dont l'ambiance intérieure est conforme à l'annexe B . La protection des tôles d'acier nervurées est adaptée à l'environnement.

Les toitures avec revêtement d'étanchéité visées par le présent document ne peuvent servir de réceptacle à des rejets autres que l'eau de pluie ; une protection contre l'érosion sera réalisée aux points d'impact des rejets d'eaux pluviales sur l'étanchéité.

NOTE
Les Documents Particuliers du Marché précisent en particulier :

- les ambiances intérieures agressives vis-à-vis des tôles d'acier nervurées et des éléments de fixation ;
- les risques de rejets ou dépôts en toiture.

8.5 Dispositions liées aux équipements de toitures à zones techniques

Le présent paragraphe concerne les toitures à zones techniques (pentes ≤ 5 %).

Il est rappelé que les charges des équipements disposés sur ces toitures doivent être reportées directement sur l'ossature (voir paragraphe C.3.1.2).

Lorsque ces équipements comportent la circulation de fluides incompatibles avec le revêtement d'étanchéité, ceux-ci seront conçus de façon à éviter le contact de ces fluides avec le revêtement d'étanchéité.

L'implantation des équipements techniques est définie au paragraphe 5.2.1 .

Un passage de largeur au moins égale à 1 m doit être réservé entre les rangées d'équipements.

Afin de pouvoir effectuer les opérations d'entretien de la toiture et les éventuelles réfections, il est nécessaire de prévoir une hauteur minimale h entre le bas des équipements et la protection du revêtement d'étanchéité des parties courantes (figure 44).

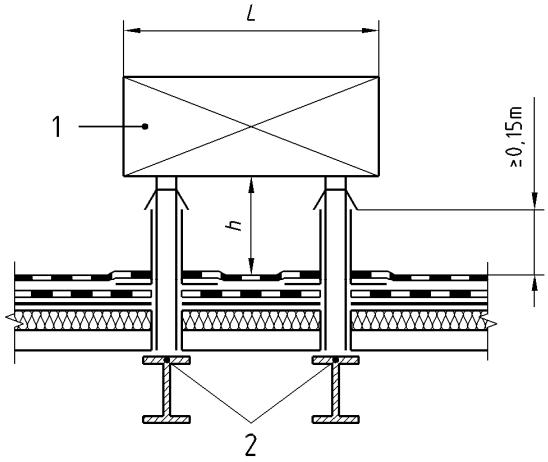
Si les équipements sont fixes, cette hauteur est fonction de la longueur L d'encombrement horizontal de ces équipements :

- si L≤ 1,20 m, h = 0,40 m ;
- si L > 1,20 m, h = 0,80 m.

Si les équipements peuvent être démontés lors de la réfection, cette hauteur peut être ramenée à 0,30 m.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/



Légende

1 Équipement technique

2 Fixations sur éléments de charpente

Figure 44 Equipements techniques — Hauteur libre minimale

8.6 Dispositions liées à la correction acoustique des locaux

Les exigences relatives à cette fonction dépendent de la destination et de l'environnement du bâtiment. Elles font intervenir d'autres éléments de la construction et ne peuvent de ce fait être traitées de façon complète dans le cadre du présent document.

L'emploi de tôles d'acier nervurées perforées surmontées d'absorbants appropriés est de nature à contribuer à la correction acoustique des locaux. Il y a lieu de se reporter aux essais particuliers à chaque procédé de toiture. Il est rappelé que, de manière générale, leur emploi n'est pas visé sur locaux à forte et très forte hygrométrie (voir paragraphes 8.1.1 et 8.1.2) et nécessite obligatoirement un dispositif pare-vapeur (voir paragraphe 6.3).

L'emploi de produits projetés à la sous-face des tôles d'acier nervurées (produits de « flocage ») est possible dans les conditions prévues au paragraphe 8.3.1 .

8.7 Dispositions liées à la tenue au feu

La tenue au feu est à examiner du point de vue de la réglementation en vigueur qui s'applique aux bâtiments d'habitation, aux établissements recevant des travailleurs, aux établissements recevant du public, aux immeubles de grande hauteur et aux installations classées.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

9 Epreuves d'étanchéité à l'eau

Ce genre de toiture ne se prête pas aux mises en eau générales.

Lorsque cela est spécifié aux Documents Particuliers du Marché, seules des mises en eau localisées (noues et chéneaux exclusivement) peuvent être effectuées. Ces épreuves ne peuvent être réalisées que si la tête des relevés d'étanchéité règne à un niveau horizontal dans la portion de toiture intéressée. La hauteur d'eau maximale pour de tels essais est de 0,06 m. Les Documents Particuliers du Marché précisent la hauteur d'eau maximale admissible pour la résistance de l'ossature.

Ce niveau est maintenu pendant trois heures sous surveillance conjointe du Maître d'oeuvre et de l'entreprise.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Annexe A (informative) Entretien et usage

Les prescriptions du présent document conduisent à la réalisation d'ouvrages de bonne qualité. Toutefois, la condition de durabilité ne peut être pleinement satisfaisante que si ces ouvrages sont entretenus et si leur usage est conforme à leur destination.

L'entretien est à la charge du Maître de l'Ouvrage ou de ses ayant-droits après la réception de l'ouvrage. Il comporte des visites périodiques de surveillance des ouvrages au moins une fois par an.

Lorsque la toiture comporte des éléments en matériaux peu résistants (lanterneaux d'éclairage...), le personnel amené à circuler sur la toiture doit être informé des précautions à prendre.

> NOTE
> Les Documents Particuliers du Marché (DPM) peuvent prévoir des dispositifs de protection permanente (voir annexe A de la norme NF DTU 43.3 P2 (CCS) .

Il est recommandé qu'un contrat d'entretien soit passé entre le Maître de l'Ouvrage et l'entreprise, définissant la nature des prestations.

En tout état de cause, le Maître de l'Ouvrage fera procéder aux travaux minimaux suivants :

- examen général des ouvrages d'étanchéité visibles ;
- inspection de tous les ouvrages complémentaires visibles sur la toiture, notamment souches, édicules, lanterneaux, acrotères, ventilations, zinguerie, etc. ;
- vérification et nettoyage des entrées d'eaux pluviales et trop-pleins, pour leur maintien en bon état de fonctionnement, ce qui est essentiel pour éviter les surcharges d'eau anormales, préjudiciables à la stabilité de l'ossature support de la toiture ;
- enlèvement des feuilles mortes ;
- enlèvement des mousses, herbes et végétation ;
- remise en ordre des protections gravillon ;
- enlèvement des détritus et menus objets.

S'il n'est prévu qu'une seule visite par an, elle est effectuée de préférence à la fin de l'automne pour les bâtiments situés à proximité d'arbres.

L'emploi de produits destinés à éliminer les mousses est possible sous réserve qu'il n'y ait pas d'incompatibilité avec les éléments constituant l'étanchéité, son autoprotection et ses ouvrages annexes.

Lors des opérations d'entretien de la toiture et des divers équipements, toutes précautions doivent être prises pour ne pas endommager le revêtement d'étanchéité.

L'arrosage du revêtement d'étanchéité autoprotégé des toitures surchauffées en été, dans le but de rafraîchir l'ambiance intérieure, est préjudiciable au bon comportement du revêtement d'étanchéité. Cette opération est donc interdite.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Annexe B (informative) Classification des locaux en fonction de leur hygrométrie et de l'ambiance intérieure

B.1 Hygrométrie des locaux

B.1.1 Généralités

Soit :

- W : la quantité de vapeur produite à l'intérieur du local, exprimée en grammes par heure (g/h) ;
- n : le taux horaire de renouvellement d'air, exprimé en mètres cubes par heure (m^3/h).

> NOTE
> A la date de publication du présent document, les dispositions réglementaires relatives à l'aération des logements sont données par l'arrêté du 24 mars 1982.

On définit quatre types de locaux en fonction de leur hygrométrie en régime moyen pendant la saison froide :

- local à faible hygrométrie : $(W/n) \leq 2,5$ g/m³ ;
- local à hygrométrie moyenne : $2,5 < (W/n) \leq 5$ g/m³ ;
- local à forte hygrométrie : $5 < (W/n) \leq 7,5$ g/m³ ;
- local à très forte hygrométrie : $(W/n) > 7,5$ g/m³.

B.1.2 Classement descriptif indicatif

Les Documents Particuliers du Marché précisent la classe d'hygrométrie des locaux.

On trouvera ci-après et à titre indicatif un classement a priori des locaux les plus courants, compte tenu de leur utilisation, leur destination et leur conception.

> NOTE
> Ce classement ne vise que l'hygrométrie des locaux à ambiance saine, sans prise en compte de l'incidence d'une ambiance chimiquement agressive (voir paragraphe B.2).

Certains bâtiments classés ci-après peuvent posséder plusieurs locaux de classe d'hygrométrie différente. Chaque local doit être considéré spécifiquement.

B.1.2.1 Locaux à faible hygrométrie

- Immeubles de bureaux non conditionnés, logements équipés de ventilations mécaniques contrôlées et de systèmes propres à évacuer les pointes de production de vapeur d'eau dès qu'elles se produisent (hottes...) ;
- Bâtiments industriels à usage de stockage ;
- Locaux sportifs sans public, non compris leurs dépendances (douches, vestiaires...).

B.1.2.2 Locaux à hygrométrie moyenne

- Locaux scolaires sous réserve d'une ventilation appropriée ;
- Bâtiments d'habitation, y compris les cuisines et salles d'eau, correctement chauffés et ventilés ;
- Bâtiments industriels de production dont le process ne génère pas de vapeur d'eau, sauf indication contraire précisée dans les Documents Particuliers du Marché ;
- Centres commerciaux ;
- Locaux sportifs avec public ;
- Locaux culturels et salles polyvalentes, ou de culte.

> NOTE
> Lors d'une occupation intermittente, l'intensité de l'occupation peut conduire à prendre en considération une classe d'hygrométrie différente. Les DPM le précisent alors.

B.1.2.3 Locaux à forte hygrométrie

- Bâtiments d'habitation médiocrement ventilés et suroccupés ;
- Locaux avec forte concentration humaine (vestiaires collectifs, certains ateliers...).

B.1.2.4 Locaux à très forte hygrométrie

- Locaux spéciaux tels que locaux industriels nécessitant le maintien d'une humidité relativement élevée, locaux sanitaires de collectivités d'utilisation très fréquente ;
- Locaux industriels avec forte production de vapeur d'eau (conserveries, teintureries, papeteries, laiteries industrielles, ateliers de lavage de bouteilles, brasseries, ateliers de polissage, cuisines collectives, blanchisseries industrielles, ateliers de tissage, filatures, tannage des cuirs,...) ;
- Piscines.

B.2 Ambiances intérieures

Ambiance saine : milieu ne présentant aucune agressivité due à des composés chimiques corrosifs.

Ambiance agressive : milieu présentant une agressivité (corrosion chimique, aspersions corrosives,...) même de façon intermittente, par exemple piscines à fort dégagement de composés chlorés, bâtiment d'élevage agricole, manèges de

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

chevaux.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Annexe C (normative) Conditions nécessaires à l'exécution des travaux (pentes, ossatures, charges)

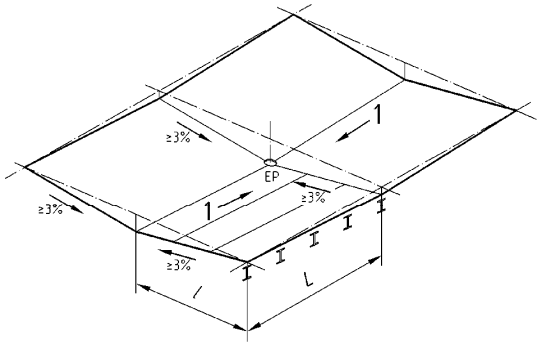
C.1 Pentes

Elles sont directement données par l'ossature aussi bien pour les parties courantes que pour les noues et les chéneaux.

> NOTE
> Les noues de pente ≤ 2 % peuvent présenter en service des flaches et retenues d'eau.
> Pour les noues à pente nulle, ces phénomènes sont inévitables.

C.1.1 Cas général

Les pentes des versants sont au minimum de 3 % sur plan (figure C.1).



Légende

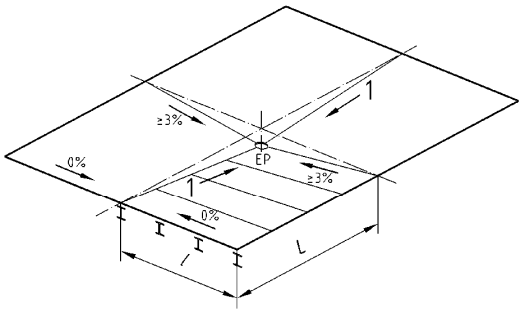
1 Noue

Figure C.1 Pente des versants : cas général

Compte tenu des actions directes (charges normales) et indirectes (fluage de l'ossature) et des tolérances d'exécution, la pente réelle in situ doit toujours rester supérieure à 1 %.

C.1.2 Cas des toitures avec noues de pente ≥ 0,5 % avec tôles d'acier nervurées posées perpendiculairement à cette noue

La pente minimale de versant au droit de l'entrée d'eau pluviale est de 3 % sur plan. Au-delà, elle peut diminuer régulièrement jusqu'à atteindre éventuellement une pente nulle au droit du point haut de la noue (figure C.2).



Légende

1 Noue

Figure C.2 Pente des versants : cas des noues de pente ≥ 0,5 % avec nervures des tôles perpendiculaires à la noue

> NOTE
> L'élément d'ossature au droit de la noue donne la pente de la noue. Les premiers éléments d'ossature adjacents doivent généralement présenter également une pente pour éviter des contre-pentes en versant.

C.1.3 Chéneaux

Toutes les pentes en fond de chéneaux sont admises, y compris la pente nulle.

> NOTE
> Les fonds des chéneaux de pente ≤ 2 % peuvent présenter en service des flaches et retenues d'eau. Pour les chéneaux à pente nulle, ces phénomènes sont inévitables.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

C.2 Ossature

Les ossatures sont constituées :

- soit d'une charpente en acier ;
- soit d'une charpente en béton armé ou précontraint ;
- soit d'une charpente en bois ;
- soit de murs porteurs en maçonnerie.

Elles sont conformes aux normes, DTU et règles les concernant : conception, charges à prendre en compte, exécution (tolérances, niveaux des appuis...).

Dans le cas d'une étanchéité asphalte, la flèche de l'ossature est limitée au 1/300 de la portée.

Les structures par câbles tendus et les charpentes en alliage d'aluminium ne sont pas visées.

C.2.1 Vérification de l'ossature sous le phénomène d'accumulation d'eau dans les noues

La stabilité de l'ossature doit tenir compte, dans des conditions normales de sécurité, du phénomène d'accumulation d'eau dans les noues.

> NOTE 1
> Le phénomène d'accumulation d'eau dans les noues donne lieu à un processus auto-évolutif dans lequel chaque accroissement de la déformation entraîne une aggravation de la charge, elle-même génératrice d'une amplification de la déformation, ce qui peut conduire à l'effondrement s'il n'y a pas de convergence possible vers un équilibre final du fait de la flexibilité des éléments de l'ossature.

L'annexe E précise les cas qui nécessitent une vérification par le calcul de la stabilité de l'ossature sous accumulation d'eau.

> NOTE 2
> Le choix de la pente de la noue, de la distribution des dispositifs d'évacuation d'eaux pluviales (implantation des entrées d'eaux pluviales), de la portée des éléments d'ossature, conditionnent la nécessité ou non de cette vérification.

L'annexe D propose des règles simplifiées permettant à l'entreprise de charpente de vérifier de façon simple le dimensionnement des éléments d'ossature supports de noue, dans des conditions enveloppes générales valables pour tout type d'ossature (béton armé, béton précontraint, acier, bois) dans un domaine de validité étendu de portées et de charges.

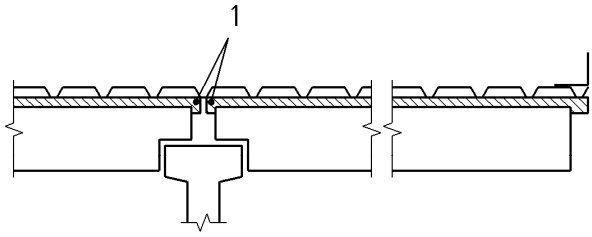
L'application de ces règles simplifiées n'a pas de caractère obligatoire, et la justification de la stabilité des éléments d'ossature sous le phénomène d'accumulation d'eau peut toujours être faite avec un calcul itératif spécifique.

C.2.2 Appuis des tôles d'acier nervurées

C.2.2.1 Dispositions communes

La face supérieure des appuis est plane et parallèle au plan des tôles d'acier nervurées et située dans ce plan.

Les appuis sont continus (figure C.3) et sans saillie : ils sont axés et alignés.



Légende

1 Appui continu

Figure C.3 Appuis des tôles d'acier nervurées

Les dispositions particulières visant les noues, faîtages, rives, joints de dilatation, etc. sont définies au paragraphe C.2.3 .

Les protections des surfaces d'appui (peinture, protection fongicide et insecticide des charpentes bois, etc.) sont effectuées avant la pose des tôles d'acier nervurées.

> NOTE
> Dans le cas de charpente en acier, les fixations des tôles d'acier nervurées sont apparentes en sous-face des appuis et peuvent entraîner un écaillage de leur protection.

C.2.2.2 Dispositions particulières aux diverses ossatures

C.2.2.2.1 Charpente en béton armé ou précontraint

Les appuis sont réalisés par des inserts continus en acier, solidaires du béton. La face supérieure de ces inserts est sans aspérité et au niveau du plan supérieur du béton ou le dépassant.

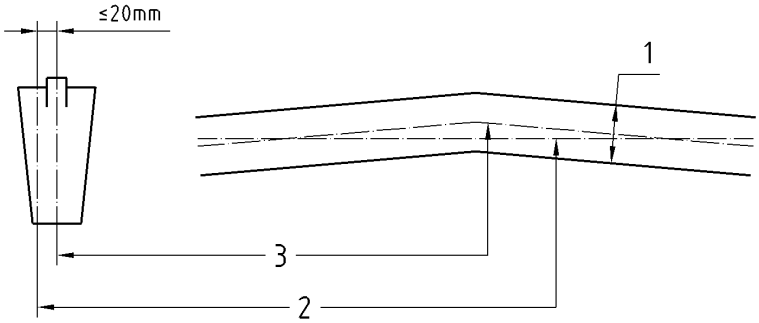
L'acier constituant ces inserts est de limite d'élasticité minimale 235 N/mm². Il est galvanisé ou peint.

Leur largeur minimale est 60 mm.

L'axe réel des appuis ne s'écarte en aucun point de plus de 20 mm de l'axe théorique (figure C.4).

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/



Légende

1 Appui : largeur

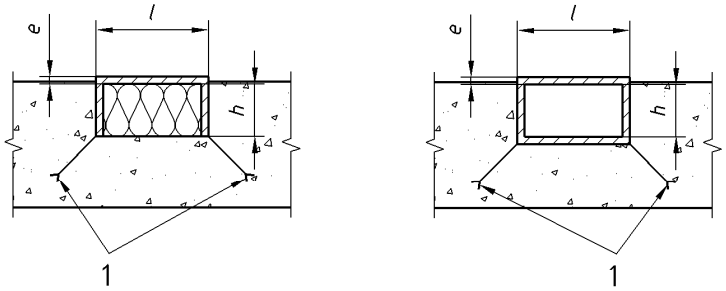
2 Axe théorique de l'appui

3 Axe réel de l'appui

Figure C.4 Axe des appuis sur charpente en béton

Les inserts sont constitués :

- soit d'un profilé (figure C.5) :
  - épaisseur minimale de 2,5 mm ;
  - hauteur libre minimale de 20 mm sous le profilé permettant le vissage ;

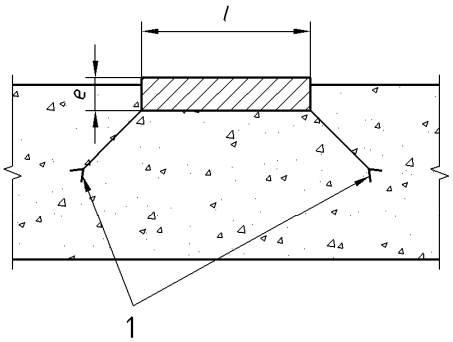


Légende

1 Densité des ancrages fonction des efforts à reprendre

Figure C.5 Appuis par profilés sur charpente en béton

- soit d'un plat (figure C.6) :
  - épaisseur minimale de 6 mm.



Légende

1 Densité des ancrages fonction des efforts à reprendre

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Figure C.6 Appuis par plats sur charpente en béton

NOTE
L'insert constitué d'un plat implique une fixation des tôles d'acier nervurées par clouage au pistolet, technique relevant de la procédure d'Avis Technique [18].

18)
Ou son/leur équivalent dans les conditions indiquées dans l'avant-propos.

C.2.2.2.2 Charpente en acier

La largeur de l'appui est au moins égale à 40 mm et son épaisseur minimale est de 1,5 mm.

L'axe réel des appuis ne s'écarte en aucun point de l'axe théorique :

- de plus de 10 mm si la largeur d'appui est comprise entre 40 mm et 60 mm ;
- de plus de 20 mm si la largeur d'appui est supérieure ou égale à 60 mm.

Dans le cas d'appui d'épaisseur comprise entre 1,5 mm et 2,5 mm, la largeur des appuis est doublée dans les zones où les tôles d'acier nervurées doivent comporter deux fixations par nervure (voir paragraphe 6.2.4.1.2).

NOTE
Certains modes de fixation sont conditionnés par l'épaisseur de l'appui. En particulier, pour le clouage au pistolet, on se référera à l'Avis Technique [19] du procédé.

19)
Ou son/leur équivalent dans les conditions indiquées dans l'avant-propos.

C.2.2.2.3 Charpente en bois

Les pièces d'appui présentent les dimensions minimales suivantes : hauteur 80 mm, largeur 60 mm.

L'axe réel des appuis ne s'écarte en aucun point de plus de 20 mm de l'axe théorique.

Afin de respecter les dispositions relatives à la densité de fixations des tôles d'acier nervurées, il peut s'avérer nécessaire de doubler la largeur des appuis ou de rajouter une fourrure ou un profilé métallique au pourtour du bâtiment et aux points particuliers (voir paragraphe 6.2.4.1.2).

C.2.2.2.4 Murs porteurs en maçonnerie

Les murs porteurs en maçonnerie doivent être surmontés d'un chaînage en béton armé dans lequel sont scellés des profilés et des fers plats conformes au paragraphe C.2.2.2.1 ou des pièces d'appui en bois conformes au paragraphe C.2.2.2.3 .

C.2.2.3 Dispositions spécifiques aux toitures courbes

Dans le cas de toitures courbes (concaves ou convexes) et lorsque les nervures des tôles d'acier nervurées sont dans le sens de la pente, une étude particulière est requise afin de déterminer si un profil est compatible avec la portée, la charge et le rayon de courbure, ainsi que l'incidence sur les caractéristiques et la densité des fixations.

NOTE
Cette étude particulière peut conduire à :

- soit une adaptation de l'ossature (portée et rayon de courbure) ;
- soit une mise en oeuvre des tôles nervurées en appuis simples donnant un aspect plus ou moins marqué de facettes.

C.2.3 Ouvrages particuliers

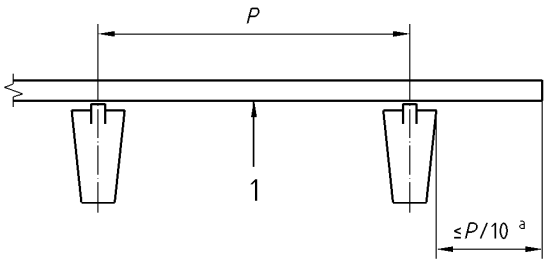
C.2.3.1 Appuis vis-à-vis du porte-à-faux des tôles d'acier nervurées

Lorsque la réalisation des ouvrages particuliers implique un porte-à-faux des tôles d'acier nervurées, l'implantation des appuis est telle que le débord des tôles d'acier nervurées au-delà du nu de la structure d'appui est inférieur ou égal au 1/10 de l'entraxe entre appuis adjacents, sans excéder 0,30 m (figure C.7).

Dans le cas des noues, ce porte-à-faux est limité à des valeurs plus faibles (voir paragraphes C.2.3.2.2 et C.2.3.3.1).

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/



Légende

a P/10 limité à 0,30 m

1 Tôle d'acier nervurées

Figure C.7 Porte-à-faux des tôles d'acier nervurées

C.2.3.2 Appuis au droit des changements de pente (faîtage, noue, arêtier…)

Les dispositions concernant ces appuis dépendent :

- du type de changement de pente (faîtage, noue, arêtier) ;
- du sens des nervures des tôles d'acier nervurées par rapport à la pente ;
- de l'angle *α* formé par la rencontre des deux versants, les dispositions étant différentes selon que cet angle est inférieur ou supérieur à :
  - 174° pour les noues ;
  - 186° pour les faîtages et arêtiers.

NOTE 1
Dans le cas de versants de pentes identiques, un angle en noue centrale de 174° ou en faîtage de 186° correspond à des versants de pente 5 % (soit un angle de 3°).

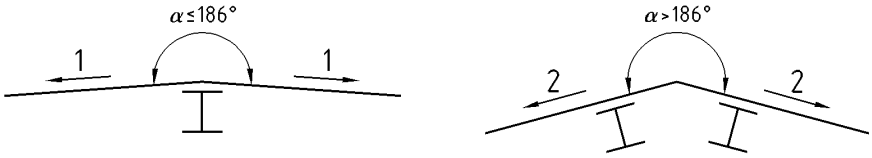
Selon les cas, l'appui est unique ou doublé. Lorsque l'appui unique est autorisé, sa face supérieure peut être horizontale.

NOTE 2
Dans le cas d'appui unique avec face supérieure horizontale, il y a risque de marquage des nervures des tôles d'acier nervurées.

C.2.3.2.1 Faîtages

Si les nervures des tôles d'acier nervurées sont dans le sens de la pente p, un appui continu est nécessaire au droit du faîtage (intersection des versants).

Cet appui est doublé lorsque *α* est supérieur à 186° et les faces d'appui sont alors parallèles aux versants (figure C.8).



a) Appui unique **b) Appui double**

Légende

1 Pente ≤ 5 %

2 Pente > 5 %

Figure C.8 Appui au droit des faîtages

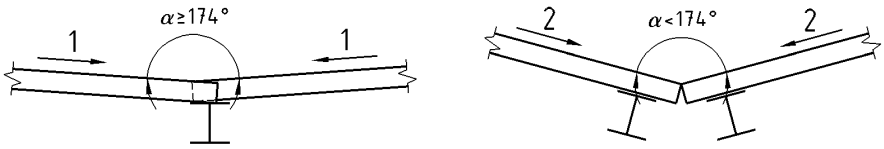
C.2.3.2.2 Noues centrales

Si les nervures des tôles nervurées sont dans le sens de la pente, un appui continu est nécessaire au droit de la noue (intersection des versants).

Cet appui est doublé lorsque *α* est inférieur à 174° ; les faces d'appui sont alors parallèles aux versants (figure C.9).

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/



a) Appui unique b) Appui double

Légende

1 Pente ≤ 5 %

2 Pente > 5 %

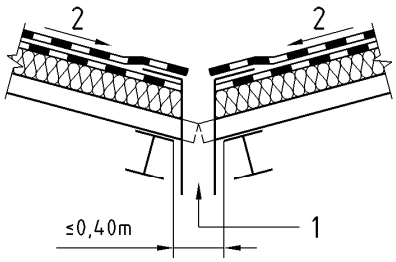
Figure C.9 Appui au droit des noues centrales

Dans le cas d'appui doublé, l'espacement libre entre ces appuis est fonction de l'implantation des entrées d'eaux pluviales :

- ≤ 0,40 m lorsque l'entrée d'eaux pluviales est implantée entre les appuis (figure C.10).

NOTE 1
Cette disposition a pour but de limiter le porte-à-faux en noue.

Elle limite le diamètre des entrées d'eaux pluviales.



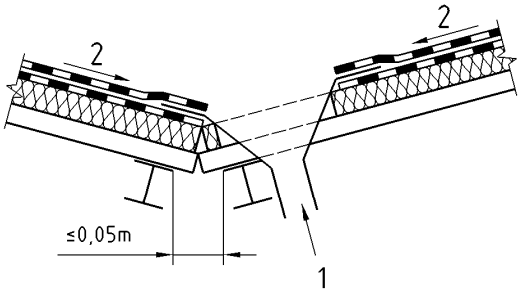
Légende

1 Entrée d'eaux pluviales entre les appuis

2 Pente > 5 %

Figure C.10 Espace libre entre éléments d'un appui doublé (EEP intérieure)

- ≤ 0,05 m lorsque l'entrée d'eaux pluviales est implantée à l'extérieur des appuis (figure C.11).



Légende

1 Entrée d'eaux pluviales entre les appuis

2 Pente > 5 %

Figure C.11 Espace libre entre éléments d'un appui doublé (EEP extérieure)

NOTE 2

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Cette disposition a pour but de limiter les rétentions d'eau.

C.2.3.2.3 Noues traditionnelles (figure C.12) et arêtiers (figure C.13)

Quelle que soit l'orientation des nervures des tôles d'acier nervurées, un appui continu est nécessaire à l'intersection des versants.

Cet appui est doublé et les faces d'appui sont alors parallèles aux versants lorsque :

- $\alpha < 174°$ pour les noues traditionnelles [figure C.12 c)] ;
- $\alpha > 186$ ° pour les arêtiers [figure C.13 b)].

Dans le cas d'appui unique, ce dernier présente une largeur minimale de 60 mm de part et d'autre de l'axe du changement de pente [figures C.12 b) et C.13 a)].

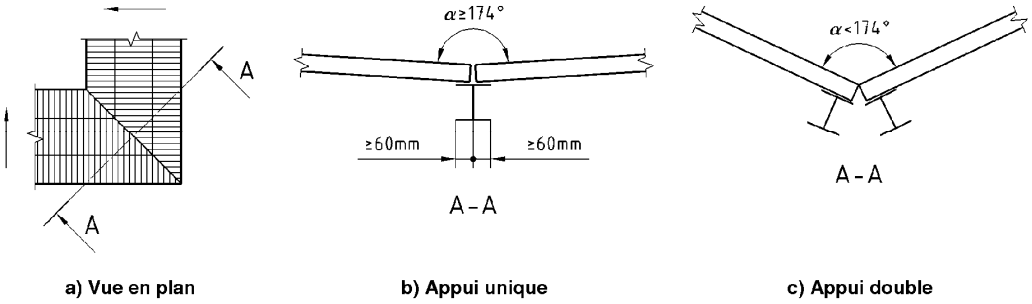


Figure C.12 Appui au droit des noues traditionnelles

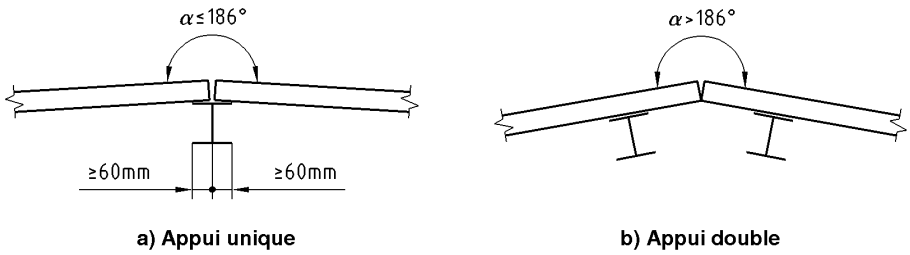


Figure C.13 Appui au droit des arêtiers

C.2.3.3 Dispositions au droit des rives et émergences

C.2.3.3.1 Appuis des tôles d'acier nervurées

C.2.3.3.1.1 Noues de rives

Si les nervures des tôles d'acier nervurées sont perpendiculaires ou biaises par rapport à la rive, un appui continu est nécessaire au droit de la noue.

L'espacement libre entre le nu extérieur de la structure d'appui et le fil d'eau est fonction de l'implantation des entrées d'eaux pluviales :

- ≤ 0,05 m lorsque l'entrée d'eaux pluviales est implantée à l'amont de l'appui (figure C.14).

NOTE 1
Cette disposition a pour but de limiter les rétentions d'eau.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

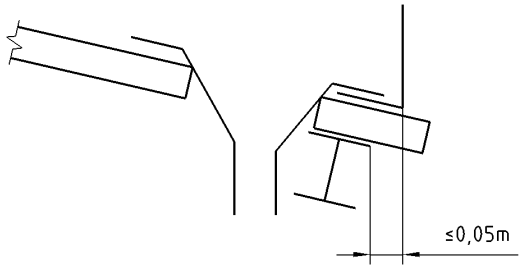


Figure C.14 Noues de rive (EEP à l'amont de l'appui)

- ≤ 0,20 m lorsque l'entrée d'eaux pluviales est implantée à l'aval de l'appui (figure C.15).

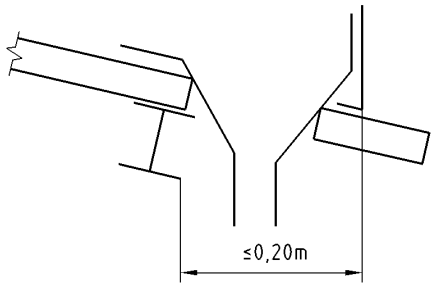


Figure C.15 Noues de rives (EEP à l'aval de l'appui)

NOTE 2
Cette disposition a pour but de limiter le porte-à-faux en noue.

Elle limite le diamètre des entrées d'eaux pluviales.

C.2.3.3.1.2 Faîtages simples et rives

Si les nervures des tôles d'acier nervurées sont perpendiculaires ou biaises par rapport au faîtage simple ou à la rive, un appui continu est nécessaire.

C.2.3.3.1.3 Appui des tôles d'acier nervurées au droit des émergences

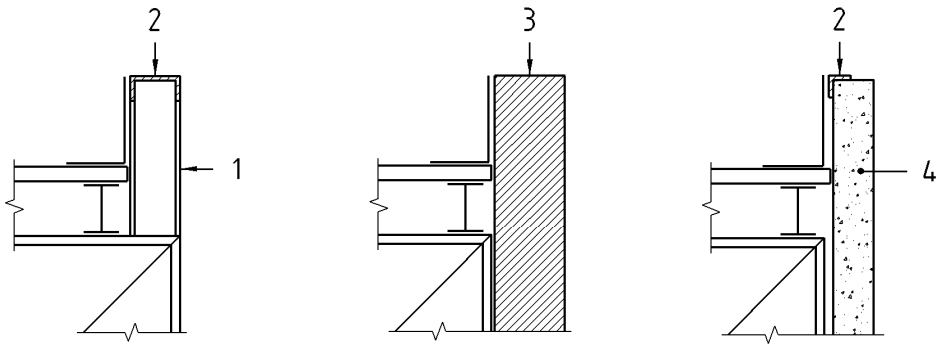
a. Partie amont de l'émergence (formant noue)
   Dito C.2.3.3.1.1 « Noues de rive ».
b. Parties avale et latérale de l'émergence
   Dito C.2.3.3.1.2 « Faîtages simples et rives ».

C.2.3.3.2 Acrotères et émergences sans contre-bardage (figure C.16)

Ils sont conçus de manière à présenter un appui continu à la partie supérieure des costières métalliques recevant les relevés d'étanchéité et à supporter la fixation des dispositifs de sécurité.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/



Légende

1	Charpente	3	Maçonnerie
2	Appui	4	Béton cellulaire autoclavé

Figure C.16 Acrotères et émergences sans contre-bardage

C.2.3.3.3 Acrotères et émergences avec contre-bardage (figure C.17)

Ils sont conçus de manière à présenter un appui continu à leur partie supérieure et à supporter la fixation haute du contre-bardage et des dispositifs de sécurité.

Si le contre-bardage est fixé à la costière métallique support de relevé d'étanchéité, il est prévu un appui à une distance maximale de 1 m au-dessus de cette costière permettant la fixation du contre-bardage [figure C.17 a)].

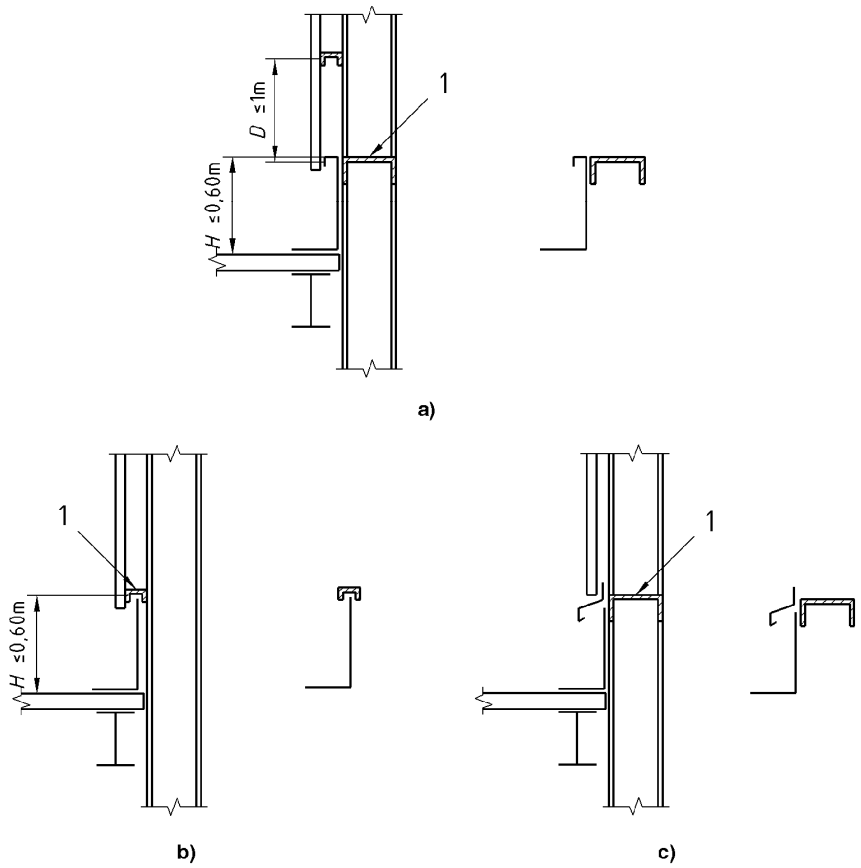
Les faces d'appui sont sans aspérité et dans le même plan vertical.

L'acrotère ou l'émergence est conçu de manière à présenter un appui continu, à la partie supérieure de la costière, destiné à servir d'appui au contre-bardage.

La hauteur de la costière support de contre-bardage est limitée à 0,60 m. (voir paragraphe 7.5.4.2).

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/



Légende

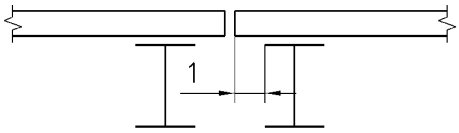
1 Appui continu

Figure C.17 Acrotères et émergences avec contre-bardage

C.2.3.4 Fractionnement de l'ossature — Joints de dilatation

Les joints de l'ossature (joints de dilatation, différences de niveaux...) sont prolongés dans la toiture.

Des appuis continus pour les tôles d'acier nervurées sont prévus de part et d'autre du joint de dilatation (figure C.18).



Légende

1 Porte-à-faux admis conformément au paragraphe C.2.3.1

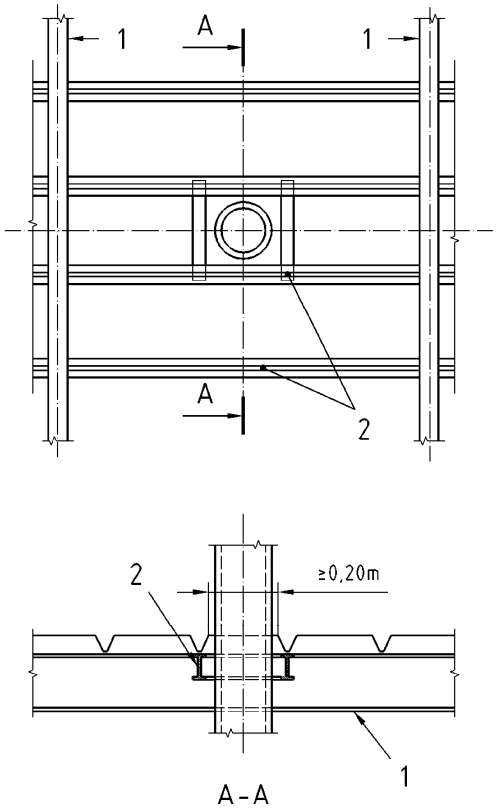
Figure C.18 Appuis continus de part et d'autre d'un joint de dilatation

C.2.3.5 Traversées (pénétrations, entrées d'eaux pluviales…)

Lorsqu'un passage (pour entrée d'eaux pluviales par exemple), dont la plus grande dimension perpendiculaire aux nervures des tôles d'acier nervurées dépasse 0,20 m, est à aménager, un chevêtre est réalisé dans le plan des appuis permettant de soutenir et de fixer les tôles d'acier nervurées ainsi que les ouvrages éventuels rapportés (figure C.19).

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/



Légende

1 Panne

2 Chevêtre

Figure C.19 Nécessité d'un chevêtre pour traversée de grandes dimensions

Dans le cas des tôles d'acier nervurées parallèles à la noue, avec entrée d'eaux pluviales implantée en « milieu » de portée, le chevêtre est obligatoire quelle que soit la dimension du passage.

C.2.3.6 Lanterneaux, exutoires de fumée, aérateurs…

Un chevêtre est nécessaire.

Toutefois, dans le cas de système d'éclairement en bande translucide légère, des costières autoportantes peuvent remplir cette fonction si elles sont dimensionnées en conséquence (voir paragraphe 7.5.4.2, tableau 14 renvoi b).

C.3 Charges à prendre en compte pour les ouvrages de toiture

Les charges indiquées ci-dessous constituent une énumération. La manière de les prendre en compte pour le choix des tôles d'acier nervurées et des fixations est précisée au paragraphe 6.2.2 .

NOTE
Les normes européennes Eurocodes de définition des actions s'appliquent aux éléments structurels de la construction. Les ouvrages de toiture, visés par le présent document, ne sont donc pas concernés.

C.3.1 Charges descendantes

C.3.1.1 Charges de montage

Conventionnellement et sans les cumuler, on considère les deux charges suivantes :

a. une charge linéaire de 2 kN/m disposée à mi-portée des tôles d'acier nervurées. En cas de calcul des caractéristiques des tôles d'acier nervurées, la largeur d'application de la charge sera prise égale à 0,20 m ;

b. une charge répartie de 1 kN/m².

Lorsque les tôles sont posées sur plusieurs appuis en continuité, seuls les deux cas suivants sont considérés :

- travée isolée chargée ;
- deux travées successives chargées.

C.3.1.2 Charges permanentes

Les charges permanentes considérées sont les poids des tôles d'acier nervurées, des isolants et pare-vapeur éventuels, des revêtements d'étanchéité, et des éventuelles protections lourdes (meubles ou dures).

Les charges des équipements extérieurs et des éléments intérieurs (plafonds suspendus, luminaires, chemins de câbles,

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

dispositifs d'extinction automatique d'incendie...) ne doivent pas être appliquées aux tôles d'acier nervurées mais être reportées directement sur l'ossature.

NOTE

Conformément aux dispositions du paragraphe 6.5.7.1 , la protection lourde, meuble, présente une épaisseur minimale de 0,04 m.

Le poids volumique des protections par gravillons saturés d'eau est fixé forfaitairement à 20 kN/m³ (voir la norme NF P 06-004).

Les zones techniques telles que définies au paragraphe 3.2.3 peuvent recevoir des protections lourdes en dur (voir paragraphe 6.5.7.1).

C.3.1.3 Charges d'entretien

Sauf indication contraire précisée dans les Documents Particuliers du Marché quant à des charges supérieures, les charges à prendre en compte sont :

- 1 kN/m² pour les toitures inaccessibles et les aires ou chemins de circulation ;
- 1,5 kN/m² pour les zones techniques.

C.3.1.4 Charges climatiques de neige

Elles sont définies par référence aux Règles N84 et modificatifs .

En zones 1, 2 et 3, les charges accidentelles de neige sont implicitement vérifiées. En zone 4, les charges sont vérifiées si on prend en compte une charge d'exploitation d'au moins 110 daN/m².

NOTE 1

Il est rappelé qu'une majoration de la charge de neige est prévue dans certains cas par ces Règles : noues de pente < 1 %, saillies, acrotères ou émergences.

Pour éviter de surdimensionner les tôles d'acier nervurées sur la totalité de l'ouvrage, les DPM peuvent définir des dispositions spécifiques pour l'ensemble charpente/TAN.

NOTE 2

Il y a lieu de tenir compte que les supports étant déjà vérifiés en considérant une charge de montage en damier de 1 kN/m² et une charge uniformément répartie d'entretien de 1 kN/m² (ou 1,5 kN/m²), la vérification pour zone majorée sera parfois superflue.

C.3.1.5 Charges d'eau de pluie

La charge d'eau de pluie n'est pas à prendre en compte sur les versants.

La charge d'eau dans les noues résultant des dispositions constructives de l'annexe D et la charge accidentelle, correspondant à une retenue localisée d'eau de pluie causée par l'engorgement d'une EP, est normalement prise en compte par le respect des dispositions concernant le nombre et l'implantation des points d'évacuation (descentes, trop-pleins... voir paragraphe 5.2.2) et/ou le dimensionnement des éléments d'ossature (voir annexe D).

C.3.1.6 Charge d'épreuve d'étanchéité à l'eau

Voir article 9 .

C.3.2 Charges ascendantes

Les charges de dépression dues au vent sont définies par les Règles NV65 et modificatifs.

La charge ascendante de calcul est la charge de dépression due au vent extrême diminuée des charges permanentes :

- pour les tôles, on considère le vent parallèle aux génératrices en appliquant la majoration de rives à l'ensemble de la toiture ;
- pour les fixations, on considère le vent perpendiculaire aux génératrices sans prendre en compte la majoration de rives ;

les rives étant comptées sur une largeur égale au 1/10 de la hauteur du bâtiment.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Annexe D (informative) Règles simplifiées de vérification des éléments d'ossature supports de noues de toitures légères pour tenir compte du phénomène d'accumulation d'eau

D.1 Préambule

Le phénomène d'accumulation d'eau peut se produire en cas de précipitations importantes sur les toitures légères à faible pente en raison des déformations progressives des éléments-supports (fermes, pannes, bacs nervurés). Il consiste en un accroissement auto-évolutif des déformations des éléments flexibles supports de noue (panne ou poutre par exemple), en fonction également du débit des évacuations d'eaux pluviales créant une lame d'eau de mise en charge en « flaque » d'eau.

L'importance de celle-ci dépend de la déformation des supports et des pentes de versants et de noue.

L'eau contenue dans cette flaque induit une déformation du support de noue. La flaque s'étend alors en créant une déformation supplémentaire et ainsi de suite.

Ce phénomène d'accumulation d'eau donne donc lieu à un processus itératif dans lequel chaque accroissement de la déformation entraîne une aggravation de la charge, elle-même génératrice d'une amplification de la déformation..., ce qui peut conduire à l'effondrement s'il n'y a pas de convergence possible vers un équilibre final, du fait de la flexibilité des éléments de l'ossature.

Ce phénomène nécessite de vérifier impérativement leur stabilité sous l'effet des surcharges d'eau, outre leur vérification en contraintes et déformations (critère de limite de flèche de 1/200 de la portée en état limite de service) sous l'action des charges permanentes et des sollicitations climatiques normales, en application des règles Neige et Vent en vigueur.

L'importance du phénomène d'accumulation d'eau est accru pour les éléments supports de noue sans pente ou à faible pente (< 3 %) et il est conditionné également par :

- les déformations cumulatives des différents éléments d'ossature ;
- le nombre et le positionnement des entrées des évacuations d'eaux pluviales en noue, qui peuvent se situer en « travée » susceptible de déformation de l'élément d'ossature support direct de la noue ou sur appui indéformable en cas d'implantation au droit des appuis ;
- les tolérances dans les niveaux d'implantation de l'ossature.

La vérification de la stabilité des éléments d'ossature sous l'effet des charges d'eau créant un phénomène d'amplification de l'accumulation d'eau en fonction des déformations, nécessite des calculs itératifs, d'une grande complexité en pratique. Il faut en effet établir que le risque d'accumulation d'eau ne conduit pas à des sollicitations inadmissibles (contraintes, déformations) pour les éléments d'ossature supports de noue dont la stabilité doit être assurée dans des conditions normales de sécurité en présence de ce phénomène d'amplification des déformations dues aux charges d'eau.

Il est donc apparu nécessaire d'établir des règles forfaitaires permettant, dans un domaine déterminé, de garantir la convergence du phénomène, sans avoir à effectuer le calcul itératif complet.

Les règles forfaitaires précisées ci-après ont été établies à titre de règles enveloppes générales, valables pour tout type d'élément-support de noue (béton armé, béton précontraint, charpente métallique, charpente en bois). Le respect de ces règles autorise une vérification simplifiée vis-à-vis du risque d'accumulation d'eau, dans le cas où la pente des versants de toiture est ≥ 3 % au droit des entrées d'eaux pluviales. Le choix de la pente de la noue et de la réalisation du système d'évacuation des eaux pluviales (avec entrées positionnées en travée ou sur appuis des éléments d'ossature fléchissants supports de noue) peut aussi permettre d'éviter le risque du phénomène d'accumulation d'eau.

L'application de ces règles simplifiées n'a pas de caractère obligatoire, à la différence de la justification impérative de la stabilité des éléments d'ossature sous le phénomène d'accumulation d'eau qui peut toujours être faite par le calcul théorique itératif spécifique, toujours assez difficile à maîtriser du fait des déformations cumulatives des différents éléments porteurs et supportés.

Néanmoins, ces règles simplifiées sont d'une utilisation pratique, même si dans certains cas elles pourraient apparaître pénalisantes, ce qui va cependant dans le sens de la sécurité avec le but d'éviter des effondrements d'ossature comme il s'en est produit lors d'orages, avec toutes leurs conséquences, qui peuvent être particulièrement graves, notamment vis-à-vis de la sécurité des personnes.

D.2 Etablissement des règles simplifiées

Ces règles consistent en une limitation de la déformation de l'élément-support sous l'effet d'une surcharge forfaitaire de valeur Q uniformément répartie sur l'ensemble de la surface supportée par l'élément d'ossature sollicité par des charges permanentes totales de valeur uniformément répartie équivalente G.

Cette surcharge Q représentative de la charge d'eau a été fixée égale à la charge climatique de neige normale Sn augmentée de la majoration de 20 daN/m² prescrite en noue par les règles N84 en leur article 4 .

Il a été tenu compte de dispositifs d'évacuation d'eau conduisant à une épaisseur de lame d'eau n'excédant pas 55 mm par rapport au fil d'eau de la noue au droit des entrées d'eaux pluviales supposées positionnées sur appuis, ce qui correspond également au cas minimal de neige normale de 35 daN/m², soit avec la majoration 35 + 20 = 55 daN/m².

Ces règles simplifiées ont été déterminées et vérifiées avec un programme informatique adapté dans les hypothèses les plus courantes suivantes :

- portées des éléments d'ossature supports de noue variant de 5 m à 20 m ;
- entraxes des éléments supports des bacs nervurés variant de 3 m à 6 m ;
- valeurs des charges permanentes variant de 30 daN/m² à 150 daN/m².

Le critère de limite de la déformation a été déterminé de telle façon que, lorsqu'il est respecté, le moment de flexion M (G + eau) dans le support de noue sous les charges (G + eau) à la fin du phénomène de convergence, soit inférieur au moment M (G + Sn + 20) dû à l'état de chargement G + Sn + 20 (daN/m²) pour lequel l'élément support de noue a été obligatoirement dimensionné conformément à la réglementation en vigueur, avec une limitation de la déformation à 1/200 de la portée. Dans ces conditions, avec un moment de convergence M (G + eau) inférieur à M (G + Sn + 20), le phénomène d'accumulation d'eau converge nécessairement vers un état de contraintes et déformations admissibles.

D.3 Enoncé des règles simplifiées

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Les critères de limitation de la flexibilité des éléments d'ossature supports de noue sont définis aux paragraphes suivants, en fonction de la pente de la noue avec la borne 0,8 % + (4/L) %.

L : portée de l'élément d'ossature support de noue, en mètres, (le terme « travée » est employé dans l'annexe F pour éviter la confusion avec la portée des tôles d'acier nervurées).

> NOTE
> La borne sus indiquée est issue d'une étude ayant permis de déterminer la frontière du domaine des configurations telles que la limitation de flèche au 1/200 de la portée (inégalité du paragraphe D.3.1) est suffisante pour couvrir le risque d'accumulation d'eau, compte tenu des tolérances de pose des ouvrages concernés.

D.3.1 Pente de noue théorique ≥ 0,8 % + (4/L) %

Dimensionnement des éléments d'ossature supports de noue en fonction des règles en vigueur spécifiques aux différents types d'ossature (règles BAEL , règles BPEL , règles CM, règles CB), avec la condition de limitation de flèche, complémentaire ou prescrite dans certaines de ces règles, suivante :

$$f_{G\infty} - f_{p\infty} - f_o + f(S_N + 20)_i < 1/200 \text{ de la portée}$$

avec

$$f_{G\infty} - f_{p\infty} - f_o$$

sous charge permanente et $f(S_N + 20)_i$ sous charge de neige

D.3.2 Pente de noue théorique < à 0,8 % + (4/L) %

Dimensionnement des éléments d'ossature supports de noue en fonction des règles en vigueur spécifiques aux différents types d'ossature avec la condition complémentaire suivante :

$$f_{G\infty} - f_{p\infty} - f_o + f(S_N + 20)_i \leq 093 \times E + 0{,}124 \times (S_N - 35)$$

avec :

- E (en mètres) : largeur prise perpendiculairement à la noue, de la surface de toiture supportée directement par l'élément d'ossature porteur de noue supposé uniformément chargé (c'est-à-dire, par exemple pour une noue centrale, l'entraxe des pannes si leur espacement est le même de part et d'autre de la panne de noue) ;
- f (en centimètres) ;

> NOTE 1
> Cette limitation de la déformation, où n'apparaît pas la portée qui est déjà intégrée dans le calcul, dépend globalement de l'importance relative des charges d'eau initiales (S_N + 20) par rapport aux charges permanentes G.

Significations :

- G état de chargement correspondant aux charges permanentes et assimilables, telles que charges intérieures suspendues sous l'élément d'ossature considéré ;
- S_N + 20 état de chargement correspondant aux charges de neige normale conformément aux règles N84 (édition août 1987), en tenant compte d'une majoration de 20 daN/m² en noue prescrite en leur article 5 ;
- P état de chargement correspondant au seul effet de la précontrainte, celle-ci étant la précontrainte moyenne pour les ouvrages en béton précontraint ;
- f déformations absolues dues aux états de chargement en charges uniformément réparties G, S_N + 20 (en daN/m²) sur l'ensemble de la surface supportée par l'élément d'ossature support de noue ;
- f_o contreflèche de construction prévue sur plan (coffrage, montage, profil d'extrados...) ;
- $f_{G\infty}$ déformation absolue correspondant aux charges permanentes seules, calculée en considérant le module de déformation longitudinale différée et sans tenir compte de la contreflèche éventuelle de construction (f_o) ou par précontrainte ($f_{p\infty}$) ;
- $f_{p\infty}$ déformation absolue due à la précontrainte seule et calculée en considérant le module de déformation longitudinale différée ;
- f $(S_N + 20)_i$ déformation absolue correspondant à la surcharge S_N + 20, en considérant le module de déformation longitudinale instantanée.

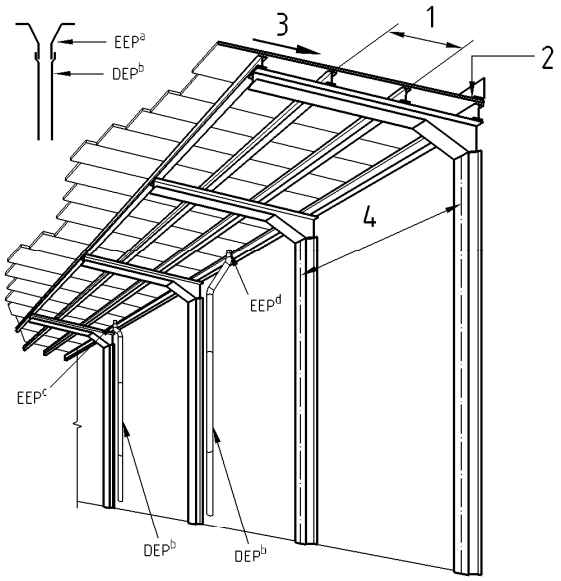
> NOTE 2
> Les critères de limitation de la flexibilité ne dispensent en aucune façon de la vérification propre à chaque type d'ossature, conformément à sa réglementation spécifique, en dehors du phénomène d'accumulation d'eau lorsqu'il n'y est pas pris en compte.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Annexe E (normative) Implantation des dispositifs d'évacuation d'eaux pluviales — Nécessité de vérification des éléments d'ossature sous accumulation d'eau

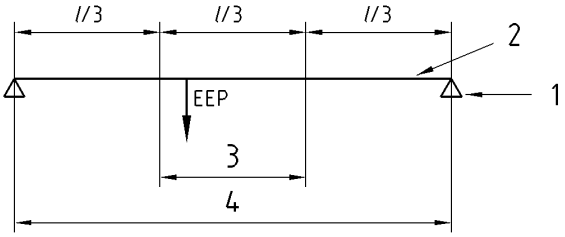
E.1 Définitions (au sens de la présente annexe) (voir figures E.1, E.2 et E.3)



Légende

1	Portée des tôles nervurées	a	EEP = Entrée d'eaux pluviales
2	Noue	b	DEP = Descente d'eaux pluviales
3	Pentes des versants	c	Près des appuis
4	Travée	d	En milieu de travée

Figure E.1 Implantation des évacuations d'eaux pluviales — Définitions



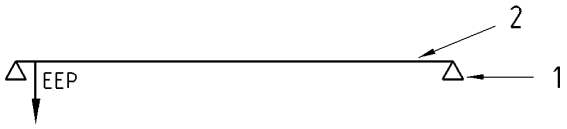
Légende

1	Portique, ferme, poutre au droit des appuis	3	Zone de positionnement de l'EEP
2	Noue	4	Travée = l

Figure E.2 Entrée d'eaux pluviales en « milieu de travée »

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/



Légende

1 Portique, ferme, poutre au droit des appuis

2 Noue

Figure E.3 Entrée d'eaux pluviales près des appuis

E.1.1 Concernant l'ossature

- travée : distance entre portiques, fermes ou poutres appuyées sur des appuis ;
- portée des tôles d'acier nervurées : entraxe des pannes.

E.1.2 Concernant l'évacuation des eaux pluviales

- surface collectée S : surface collectée par une entrée d'eaux pluviales (EEP) ;
- EEP : entrée d'eaux pluviales.

On distingue (voir paragraphe 7.8) :

- les EEP « en fond de noue » qui s'emboîtent dans une DEP ;
- les EEP « en déversoir » (latérales), qui débouchent dans une boîte à eau extérieure.

Pour une surface collectée S donnée, les EEP peuvent être de section normale ou majorée (voir paragraphe E.2.2.2).

- EEP en « milieu » de travée : entrée d'eaux pluviales située dans le tiers central de la travée (dans le cas de tôles d'acier nervurées perpendiculaires ou biaises par rapport à la noue) ou située dans le tiers central de la portée des tôles d'acier nervurées (dans le cas de tôles d'acier nervurées parallèles à la noue).
- EEP près des appuis : entrée d'eaux pluviales située à proximité des portiques, fermes ou poutres (près des appuis) ;
- DEP : descente d'eaux pluviales.

Les DEP peuvent être de section normale ou majorée.

E.2 Implantation des dispositifs d'évacuation d'eaux pluviales — Nécessité de vérification des éléments d'ossature sous accumulation d'eau

E.2.1 Principes

Le présent paragraphe définit :

- les principes d'implantation des dispositifs d'évacuation d'eaux pluviales (nombre minimal, section, positionnement, distance entre points d'évacuation) en fonction :
  - du sens de pose des tôles d'acier nervurées : perpendiculaires à la noue (ou biaises) ou parallèles à la noue ;
  - de la pente des noues :
    - nulle ;
    - 0,5 % à 1,5 % ;
    - ≥ 1,5 % ;
  - du nombre et de la longueur des travées de l'ossature.
- la nécessité ou non, dans les différents cas rencontrés, de vérifier les éléments d'ossature sous accumulation d'eau, cette vérification (entreprise de charpente) pouvant se faire soit selon les règles simplifiées figurant dans l'annexe D , soit selon un calcul spécifique.

> NOTE
> La nécessité de cette vérification dépend :
> - de la pente de la noue : les noues à pente faible présentent plus de risque vis-à-vis du processus auto-évolutif du phénomène « accroissement des déformations — accroissement des charges » sous accumulation d'eau ;
> - de la distribution des dispositifs d'évacuation d'eaux pluviales : les entrées d'eaux pluviales implantées en « milieu » de travée permettent de se dispenser de cette vérification.

E.2.2 Dispositions à respecter vis-à-vis de l'implantation des dispositifs d'évacuation d'eaux pluviales

E.2.2.1 Surface maximale collectée par EEP

- EEP « en fond de noue » → 700 m² ;
- EEP « en déversoir » → 350 m².

E.2.2.2 Nombre minimal d'EEP par noue

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Trois EEP en section normale ou deux EEP en section majorée.

E.2.2.3 Positionnement des EEP

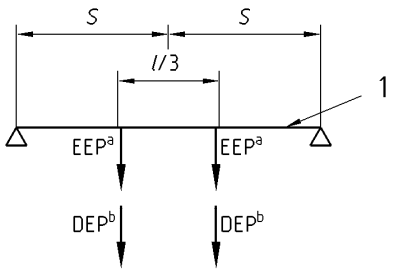
E.2.2.3.1 Noues de pente nulle avec tôles d'acier nervurées perpendiculaires (ou biaises) par rapport à la noue

E.2.2.3.1.1 Travées ≤ 8 m

Les EEP sont positionnées conformément aux paragraphes E.2.2.3.1.1.a ou E.2.2.3.1.1.b.

a. EEP en « milieu » de travée

- Cas d'une travée par noue :
  Deux EEP (section majorée) en « milieu » de travée (figure E.4), éventuellement regroupées sur une seule DEP (section majorée) (figure E.5).



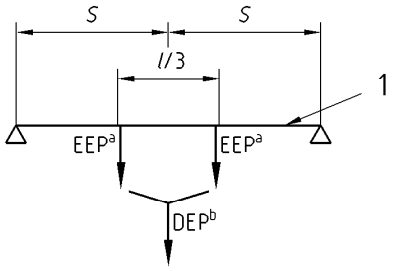
Légende

a EEP → Section majorée (pour S)

b DEP → Section majorée (pour S)

1 Noue

Figure E.4



Légende

a EEP → Section majorée (pour S)

b DEP → Section majorée (pour 2S)

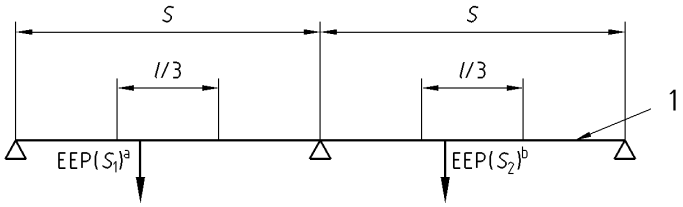
1 Noue

Figure E.5

- Cas de deux travées par noue :
  Une EEP (section majorée) en « milieu » de chaque travée (figure E.6).

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/



Légende

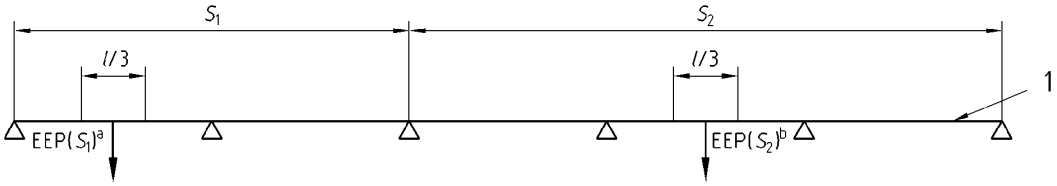
a EEP → Section majorée (pour S1) si deux EEP par noue

b EEP → Section majorée (pour S2) si deux EEP par noue

1 Noue

Figure E.6

- Cas de trois travées ou plus par noue :
  Une EEP en « milieu » de travée avec possibilité de travées sans EEP à condition que ces travées sans EEP soient attenantes sur au moins un côté à une travée avec EEP (figure E.7).



Légende

a EEP → Section majorée (pour S1) si deux EEP par noue

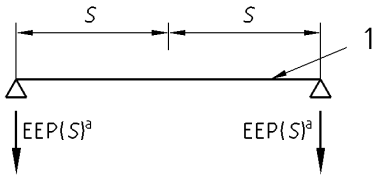
b EEP → Section majorée (pour S2) si deux EEP par noue

1 Noue

Figure E.7

b. EEP près des appuis

- Cas d'une travée par noue :
  Une EEP (section majorée) près de chaque appui (figure E.8)



Légende

a EEP → Section majorée (pour S)

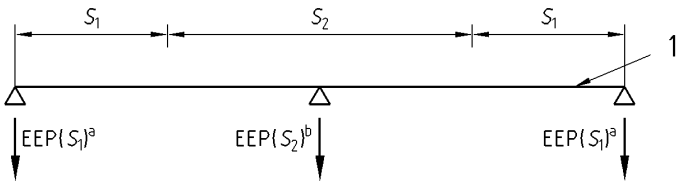
1 Noue

Figure E.8

- Cas de deux travées par noue :
  Une EEP (section normale) près de chaque appui (figure E.9)

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/



Légende

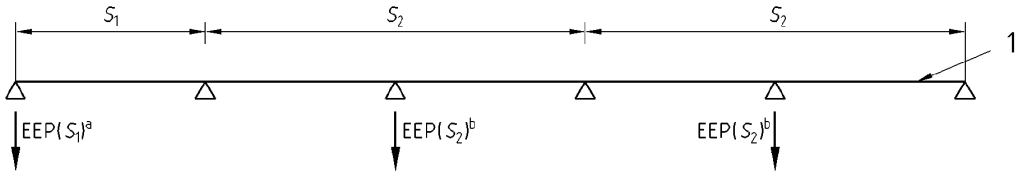
a EEP → Section normale (pour S1)

b EEP → Section normale (pour S2)

1 Noue

Figure E.9

- Cas de trois travées ou plus par noue :
  Une EEP près des appuis avec possibilité d'appui sans EEP à condition qu'il y ait une EEP sur les appuis voisins (figure E.10).



Légende

a EEP → Section normale (pour S1) si au moins trois EEP par noue

b EEP → Section normale (pour S2) si au moins trois EEP par noue

1 Noue

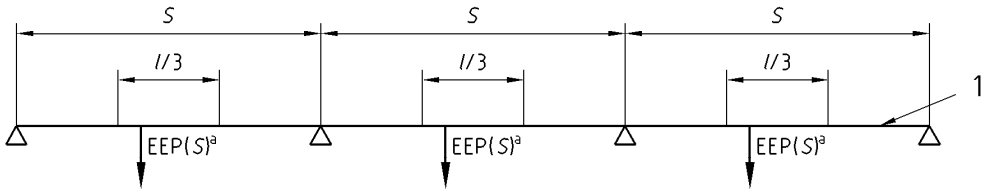
Figure E.10

E.2.2.3.1.2 Travées > 8 m

Les EEP sont positionnées conformément aux paragraphes E.2.2.3.1.2.a ou E.2.2.3.1.2.b.

a. EEP en « milieu » de travée

- Cas d'une travée par noue :
  Deux EEP (section majorée) en « milieu » de travée (figure E.4), éventuellement regroupées sur une seule DEP (section majorée) (figure E.5).
- Cas de deux travées par noue :
  Une EEP (section majorée) en « milieu » de chaque travée (figure E.6).
- Cas de trois travées ou plus par noue :
  Une EEP (section normale) en « milieu » de chaque travée (figure E.11).



Légende

a EEP → Section normale (pour S)

1 Noue

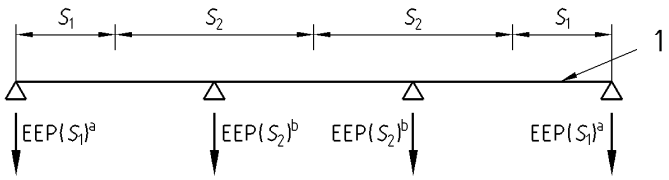
Figure E.11

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

b. EEP près des appuis

- Une EEP près de chaque appui (figures E.8, E.9 et E.12).



Légende

a EEP → Section normale (pour S1) si au moins trois EEP par noue

b EEP → Section normale (pour S2) si au moins trois EEP par noue

1 Noue

Figure E.12

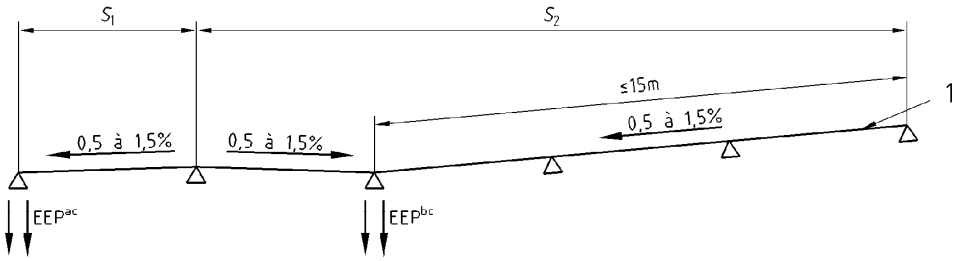
E.2.2.3.2 Noues de pente comprise entre 0,5 % et 1,5 % avec tôles d'acier nervurées perpendiculaires (ou biaises) par rapport à la noue

La longueur maximale de noue entre point bas et point haut est de 15 m.

Les EEP sont positionnées près des appuis situés en point bas de noue.

Elles sont doublées (EEP situées dans le fil d'eau de la noue et distantes de moins d'un mètre), chaque EEP étant à section majorée pour une surface collectée S/2 (figure E.13).

Les deux EEP peuvent éventuellement être regroupées sur une seule DEP (section majorée).



Légende

a EEP doublée → Section majorée (pour $S_1/2$)

b EEP doublée → Section majorée (pour $S_2/2$)

c Les deux éléments de l'EEP doublée peuvent être regroupés sur une seule DEP, de section majorée (pour S_1 ou S_2)

1 Noue

Figure E.13

Dans le cas de déversoir, ce dernier est unique et de section majorée pour la surface collectée S.

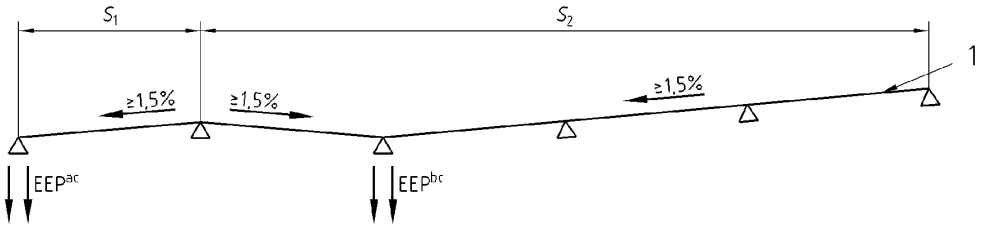
E.2.2.3.3 Noues de pente ≥ 1,5 % avec tôles d'acier nervurées perpendiculaires (ou biaises) par rapport à la noue

Les EEP sont positionnées près des appuis situés en point bas de noue.

Elles sont doublées (EEP situées dans le fil d'eau de la noue et distantes de moins d'un mètre), chaque EEP étant à section majorée pour une surface collectée S/2 (figure E.14).

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/



Légende

a EEP doublée → Section majorée (pour $S_1/2$)

b EEP doublée → Section majorée (pour $S_2/2$)

c Les deux éléments de l'EEP doublée peuvent être regroupés sur une seule DEP, de section majorée (pour S_1 ou S_2)

1 Noue

Figure E.14

Les deux EEP peuvent éventuellement être regroupées sur une seule DEP (section majorée).
Dans le cas de déversoir, ce dernier est unique et de section majorée pour la surface collectée S.

E.2.2.3.4 Noues de pente nulle avec tôles d'acier nervurées parallèles à la noue

E.2.2.3.4.1 Portée des tôles d'acier nervurées ≤ 3,50 m
Les EEP sont positionnées conformément aux paragraphes E.2.2.3.4.1.a ou E.2.2.3.4.1.b.

a. EEP en « milieu » de portée
   Les dispositions sont les mêmes que celles définies au paragraphe E.2.2.3.1.1.a , en raisonnant en portée de tôles d'acier nervurées au lieu de travée d'ossature.
   L'ossature doit comporter obligatoirement un chevêtre pour supporter l' EEP.
b. EEP près des appuis
   Les dispositions sont les mêmes que celles définies au paragraphe E.2.2.3.1.1.b .

E.2.2.3.4.2 Portée des tôles d'acier nervurées > 3,50 m
Les EEP sont positionnées en « milieu » de portée.
Les dispositions sont les mêmes que celles définies au paragraphe E.2.2.3.1.2.a , en raisonnant en portée de tôles d'acier nervurées au lieu de travée d'ossature.
L'ossature doit comporter obligatoirement un chevêtre pour supporter l'EEP.

E.2.3 Vérification des éléments d'ossature sous accumulation d'eau
Cette vérification est à faire :

- dans le cas de noues de pente nulle :
  - pour toutes les travées sans EEP en « milieu » de travée (cas des tôles d'acier nervurées perpendiculaires ou biaises par rapport à la noue) ;
  - pour toutes les portées sans EEP en « milieu » de portée (cas des tôles d'acier nervurées parallèles à la noue).
- dans le cas de noue de pente comprise entre 0,5 % et 1,5 % : pour les travées adjacentes aux EEP.

Aucune vérification n'est à faire dans le cas de noues de pente ≥ 1,5 %.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Bibliographie

[1] Cahier des Prescriptions Techniques « Résistance au vent des isolants, supports de systèmes d'étanchéité de toitures » validé par le GS n° 5 le 27 mars 2006 (*Cahier du CSTB n° 3564*).

[2] Cahier des Prescriptions Techniques « Résistance au vent des systèmes d'étanchéité de toitures fixés mécaniquement » validé par le GS n° 5 le 27 mars 2006 (*Cahier du CSTB n° 3563)* .

© AFNOR 2008 - Imprimé par VINCI CONSTRUCTION FRANCE le 26/12/2013

https://www.engcopilot.com/